

NN31545.1878

ICW nota 1878
juni 1988

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

ONDERZOEK NAAR DE BODEM EN DE WATERHUISHOUDING
IN HET NATUURRESERVAAT 'HET MEEUWENKAMPJE'

ing. P.C. Jansen



Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

7 SEP. 1988

15n 291 822 *

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	3
2. BESCHRIJVING VAN HET RESERVAAT	5
3. GEOLOGIE EN GEOHYDROLOGIE	7
4. GEOMORFOLOGIE EN TOPOGRAFIE	10
5. DE BODEM	12
5.1. Beschrijving van de bodem	12
5.2. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken.	14
6. DE WATERHUISHOUDING	17
6.1. De waterhuishouding tot 1986	17
6.2. Het hydrologisch meetnet	20
6.3. Tijd-stijghoogtelijnen van het freatisch grondwater	21
6.4. Overschrijdingsduurlijnen van het freatisch grondwater	23
6.5. Isohypsen van het freatisch grondwater	27
6.6. Isohypsen van het diepe grondwater	29
6.7. Potentiaalverschillen	30
6.8. De ontwateringsdiepte op 1 april	32
7. LITERATUUR	34
BIJLAGE I Globale beschrijving van vier diepe boringen	36
FIGUURONDERSCHRIFTEN	37

SAMENVATTING

'Het Meeuwenkampje' is een klein natuurreservaat dat in de zuidelijke helft van de Gelderse Vallei is gelegen. Op enkele percelen is een waardevolle blauwgraslandvegetatie aanwezig.

Tijdens het onderzoek dat in het reservaat wordt uitgevoerd worden gegevens verzameld over de vegetatie en abiotische milieufactoren.

Deze worden aan elkaar gerelateerd en gebruikt voor (modelmatige) beschrijvingen van de water- en de nutriëntenhuishouding.

Deze deelnota bevat gegevens over de geo(hydro-)logie, de topografie, de bodem en de waterhuishouding.

In de ondergrond van het reservaat ligt een circa 1 meter dikke laag Eemklei. Meer naar het zuiden en zuidwesten komt deze laag, die in geohydrologische opzicht van belang is, niet voor. Boven de Eemklei is de Gelderse Vallei opgevuld met overwegend fijn dekzand. In het reservaat ligt ook een pingo restant of uitblazingsbekken. Deze is opgevuld met venige klei en veen. Het veen heeft zich over de rand van het pingo restant uitgebreid.

Het bodemprofiel is op een aantal plaatsen verstoord. Op de minst verstoorde percelen, waar ook het grootste gedeelte van het pingo restant voorkomt, groeit de meest waardevolle vegetatie. Hier is ook het niveau van het freatisch grondwater het minst gedaald als gevolg van een afname van de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket. Deze daling, die alleen in de zomer optreedt, is echter aanzienlijk en varieert tussen de 30 en 53 cm.

In de winter is eveneens een daling van het freatisch vlak opgetreden, maar deze wordt veroorzaakt door de verbeterde afwatering.

De stroming van het freatisch grondwater wordt in natte perioden vooral ten zuiden van de spoorbaan sterk beïnvloed door het relatief lage peil in de perceelssloten. Aan de noordzijde is de stroming het hele jaar afkomstig uit noordoostelijke richting, waar een uitloper van een dekzandrug is gelegen.

In het tweede watervoerende pakket is de stroming noord(oost) - zuid(west)gericht. De nabij gelegen Emminkhuizerberg heeft geen invloed op de stromingsrichting.

Uit de verschillen in stijghoogte van het water uit het tweede pakket en het niveau van het freatisch grondwater blijkt, dat er gedurende het hele jaar een potentiële kwel aanwezig is. Tijdens een droge periode bedraagt het potentiaalverschil op de plek waar het pingo restant is gelegen meer dan 50 cm. Met een weerstand van de Eemklei van naar schatting 250 etmalen levert dit een kwel op van 2,0 mm/etm. Naar het zuiden toe neemt het potentiaalverschil snel af.

In de winter geeft de potentiaalverschillenkaart een veel onrustger beeld te zien. Behalve in de direkte nabijheid van de sloten bedraagt het verschil in een aantal percelen 40-70 cm. In andere percelen is het verschil kleiner, namelijk 10 à 20 cm.

1. INLEIDING

Het Meeuwenkampje is een natuurreservaat dat in de Gelderse Vallei is gelegen en dat deel uitmaakt van de gemeenten Renswoude en Veenendaal. De oppervlakte bedraagt ruim 8,5 ha.

Staatbosbeheer, dat eigenaar van het reservaat is, wil de grote botanische waarde ervan veilig stellen. Hierbij wordt onder andere gedacht aan de aankoop van bufferzones en wijzigingen in de waterhuishouding. Volgens het beheersplan van dit reservaat (Staatsbosbeheer, 1982) is het daartoe ondermeer van groot belang dat de kwantitatieve waterhuishouding tegen de achtergrond van de bodemkundige toestand wordt vastgesteld.

Het onderzoek dat in het Meeuwenkampje wordt uitgevoerd heeft enerzijds tot doel de waterhuishouding van het gebied te beschrijven en anderzijds om de processen en relaties die in een ander natuurgebiedje sinds 1978 worden onderzocht te kunnen toetsen. Dit laatste gebiedje, Groot Zandbrink genaamd, ligt eveneens in de Gelderse Vallei. Resultaten van dat onderzoek zijn in een aantal publicaties opgenomen (Jansen en Kemmers, 1980 + 1982 en Kemmers en Jansen, 1980 + 1982). Naar verwachting wordt het onderzoek, dat in het voorjaar van 1986 is gestart, in de loop van 1991 afgerond.

De resultaten van het onderzoek zullen grotendeels in de vorm van deelnota's gepresenteerd worden.

In eerste instantie worden bij het onderzoek in het Meeuwenkampje basisgegevens verzameld. Voor de opslag en de uitwerking van deze gegevens wordt veelvuldig van de computer gebruik gemaakt.

In een later stadium van het onderzoek zullen de gegevens ook gebruikt worden om simulatieprogramma's te calibreren. Voor de simulatie van de water- en vochthuishouding wordt hierbij gedacht aan de programma's SIMGRO, SWATRE en WATBAL. De nutriëntenhuishouding zal met ECONUM (stikstof en fosfaat) of met ANIMO (stikstof) beschreven worden.

In deze nota wordt een gedeelte van de resultaten van de eerste twee jaar van het onderzoek gepresenteerd.

Na een korte (historische) beschrijving van de omgeving van het reservaat worden de topografie, de geomorfologie en de geologie behandeld.

Van de bodem komen vervolgens de opbouw en enkele fysische eigenschappen ter sprake. Het daaropvolgende hoofdstuk gaat over een aantal waterhuishoudige aspecten.

In deze nota komen relaties tussen de vegetatie en milieufactoren en tussen milieufactoren onderling hooguit summier ter sprake. In de volgende deelnota, waarin de vegetatie en de chemie van bodem en grondwater worden behandeld, wordt hier uitgebreider op ingegaan. Daarbij worden ook de gegevens uit deze nota gebruikt.

2. BESCHRIJVING VAN HET RESERVAAT

Het Meeuwenkampje ligt in de zuidelijke helft van de relatief laag gelegen Gelderse Vallei. In figuur 1 is hiervan een overzichtskaartje opgenomen.

De Gelderse Vallei maakte ooit deel uit van de waterlinie. In de 17e en 18e eeuw zijn in de omgeving van het huidige reservaat dijken en forten aangelegd die nu nog steeds belangrijke landschapselementen vormen. Het zand dat nodig was voor deze waterkeringen en versterkingen werd aan de direkte omgeving onttrokken.

Bij de aanleg van de spoorlijn Utrecht-Arnhem werd dwars door het reservaat een spoorbaan aangelegd en werd de afwatering verbeterd. Doordat het gebied niet permanent meer onder water stond konden in de laagste delen veenvormende vegetaties gaan groeien. In een later stadium is hierop blauwgrasland tot ontwikkeling gekomen.

Om de draagkracht en drooglegging van het gebied verder te verbeteren is een groot gedeelte in de eerste helft van deze eeuw op de schop geweest. De percelen die niet of in alleen in beperkte mate onder handen zijn genomen en waar nog een blauwgraslandvegetatie aanwezig is, vormen de meest waardevolle gedeeltes van het reservaat.

Afgezien van de dijken en forten die ook tot het reservaat behoren, verschillen de percelen grasland onderling vrij sterk. Perceel 1 (zie figuur 1), dat ten noorden van de spoorlijn ligt, is bezand. Het zand dat hiervoor nodig was is afkomstig van de Slaperdijk, die daartoe voor een groot gedeelte is afgegraven. Het afgeslankte restant van deze dijk begrenst het reservaat aan de noordoostzijde.

Aan de kant van deze dijk is de opgebrachte zandlaag het dikst.

Perceel 1 is in 1979 aangekocht en wordt sindsdien niet meer bemest.

De vegetatie op dit grotendeels relatief hoog gelegen perceel is uit natuurwetenschappelijk oogpunt (nog) niet interessant. De vegetatie wordt jaarlijks medio juli een keer gemaaid.

Perceel 2, waar de veenondergrond ook met een dun laagje zand is afgedekt, vormt samen met perceel 3 het meest waardevolle gedeelte van het reservaat. Op beide percelen is een blauwgraslandvegetatie aanwezig, waarbij op perceel 3 pijpestrootje plaatselijk domineert. Ook voordat deze percelen in 1964 werden aangekocht van de Stichting

'Het Utrechts Landschap', werd de vegetatie jaarlijks aan het einde van het groeiseizoen gemaaid. Op een aantal plaatsen is het bodemprofiel van dit perceel verstoord. Zo is er een spoorloot gegraven en is er op een paar plaatsen afgegraven grond terecht gekomen. In de periode 1914-1918 is in het midden van het perceel veen afgegraven. Later, in 1965 zijn aan de westzijde vier plekken met een totale oppervlakte van 250 m² afgeplagd ten behoeve van vegetatiekundig onderzoek. De andere gedeelten van dit perceel hebben het meest ongestoorde profiel van het hele reservaat.

Van perceel 4 is de bovengrond een halve eeuw geleden met een gedeelte van de veenondergrond gemengd. Vanaf 1979 is dit perceel in eigendom van Staatsbosbeheer. Er wordt niet meer bemest en er wordt eenmaal per jaar gemaaid en vervolgens nageweid met overwegend jongvee. Er vindt een verzuring en verschraling van de vegetatie plaats. Aan de noordoostzijde van dit perceel vindt de meest interessante ontwikkeling plaats. In dit perceel heeft tot in de jaren zestig het restant van het kleine kanaal gelegen dat de verbinding vormde tussen het Valleikanaal en het dorp Renswoude. Aan de zuidzijde van de spoorlijn is deze waterloop gedempt en de oorspronkelijke ligging is niet meer zichtbaar.

Op de Emminkhuizerberg die ten zuidwesten van het reservaat ligt en op de wat hoger gelegen percelen ten noorden van de spoorlijn wordt mais verbouwd. Direkt ten noorden van de Slaperdijk liggen ook twee maispercelen. Het grootste gedeelte van het landbouwareaal in de omgeving bestaat echter uit grasland.

3. GEOLOGIE EN GEOHYDROLOGIE

Voor dit hoofdstuk zijn geo(hydro-)logische gegevens ontleend aan rapporten van het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening (Meinardi, 1976) en de Dienst Grondwaterverkenning T.N.O. (Houtman, 1985). Daarnaast zijn er vier boringen uitgevoerd tot een diepte van maximaal 41m. Gegevens hiervan zijn ook in dit hoofdstuk verwerkt. Voor het reservaat zijn de afzettingen uit het Kwartair van belang. Deze zijn in de figuren 2 en 3 aangegeven. De ligging van het blok-diagram (figuur 2) is in figuur 3 aangegeven. In figuur 4 is een overzicht van het Kwartair gegeven.

Voor de hydrologie van het reservaat zijn vooral de afzettingen boven de Formatie van Tegelen van belang. De dikke laag klei uit deze Formatie ligt op een diepte van 110 m beneden N.A.P. Hoewel de afsluitende werking van deze laag niet overal betrouwbaar is, kan deze laag voor de geohydrologische schematisering als een hydrologische basis worden beschouwd. Voor de drinkwaterwinning is ook het vierde watervoerende pakket van belang. De basis van dit pakket wordt gevormd door de Formatie van Oosterhout.

De Formaties van Harderwijk, Sterksel, Enschede en Urk die boven de Formatie van Tegelen liggen bestaan uit overwegend grove fluviatiele afzettingen die samen het derde watervoerende pakket vormen.

In het Saalien bereikte het landijs Nederland en is de Formatie van Drente afgezet. Toen zijn ook de stuwwallen ontstaan. Plaatselijk bestaat een gedeelte van deze Formatie uit een dikke, slecht doorlatende (klei-)laag. Deze vormt de scheiding tussen het tweede en derde watervoerende pakket. In figuur 3 is de verspreiding van deze laag aangegeven. Deze ontbreekt onder het reservaat, evenals onder de gestuwde heuvels. De stuwing heeft vanuit het oosten plaatsgevonden, waardoor de bodemlagen schuin oplopend naar het westen zijn komen te liggen.

De heuvels van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug zijn vrijwel nergens bedekt met andere afzettingen in tegenstelling tot de Gelderse Vallei. Hier is door de wind een laag fijn dekzand afgezet. Deze laag hoort tot de Formatie van Twente. Deze Formatie omvat ook de plaatselijk voorkomende veen-, leem- en grintlagen. In de Gelderse

Vallei komen wel een aantal kleine stuwingen voor die net of net niet boven het maaiveld uitsteken. Ten zuidwesten van het reservaat ligt een dergelijke stuwwal die wel boven het maaiveld uitsteekt. Dit is de Emminkhuizerberg. De top van deze heuvel steekt 15m boven het omringende maaiveld uit. Aan de zuidoostkant ligt ook een glaciale stuwing. Deze steekt niet boven het maaiveld uit, maar is bedekt met een dunne laag dekzand uit de Formatie van Twente. Elders in de Vallei is de Formatie van Twente dikker.

Tussen de Formaties van Drente en Twente liggen de afzettingen uit het Eemien. Vanuit het noorden was de zee de Vallei binnengedrongen en is een dikke laag calciumrijke klei afgezet. De grens van deze mariene klei loopt volgens figuur 2 op een diepte van circa 16 meter onder het reservaat door. Deze Eemklei vormt de scheiding tussen het eerste en het tweede watervoerende pakket. In hydrologisch opzicht is het al dan niet voorkomen van deze laag van groot belang voor het reservaat. Er zijn op vier plaatsen, verspreid langs de grens van het reservaat, diepe boringen uitgevoerd om hier uitsluitsel over te geven. De lokaties van deze boringen staan in figuur 20 aangegeven en in bijlage I zijn de globale boorbeschrijvingen opgenomen.

Bij alle vier de boringen is de Eemklei aangetroffen. Deze klei is hard en heeft een groene kleur en is verder vaak wat venig. Bij de meest westelijke boring (C in figuur 20) was deze laag 1,0 meter dik en in het zuidelijke gedeelte van het reservaat (D) bedroeg de dikte 1,5 meter. De diepte waarop deze kleilaag werd aangetroffen lag tussen de 12 en 14 meter beneden N.A.P. Bij de beide andere boringen (A en B) was de Eemklei 0,8 en 0,6 meter dik, maar direkt daaronder lag een blauwe kleilaag van ongeveer eenzelfde dikte. De Eemklei ligt hier tussen de 14 en 16 meter beneden N.A.P.

Onder de Emminkhuizerberg en de stuwing ten zuidoosten van het reservaat komt de laag Eemklei niet voor, zodat de grens ervan niet volgens een rechte lijn verloopt zoals figuur 3 veronderstelt, maar meer een lob vormt tussen de beide stuwingen in.

Boven de Eemklei werden bij drie van de vier boringen andere kleilagen aangetroffen, maar de dikte, diepte en globale samenstelling verschilden onderling, wat erop duidt dat het zeer lokale afzettingen betreft. Uit de peilgegevens die in hoofdstuk 6 behandeld worden blijkt, dat het verschil in stijghoogte van het grondwater boven

en onder deze lagen nihil is. Hydrologisch gezien zullen deze lagen dan ook weinig invloed hebben.

Onder de Eemklei werd alleen bij de oostelijke boring op de diepte van de tweede scheidende laag (36 m) een 2 meter dikke, slappe, grijze kleilaag aangetroffen. Gezien de diepte en samenstelling van deze laag is het mogelijk dat deze tot de Formatie van Drente behoort. Volgens figuur 3 ligt de tweede scheidende laag echter ten oosten van het reservaat.

Aan de westzijde van het reservaat ligt op een diepte van ruim 18 meter beneden N.A.P. een 1,5 meter dikke, taaie, grijze kleilaag direkt op grof gestuwd materiaal.

In figuur 2 zijn de geohydrologische constanten aangegeven die in de eerder genoemde rapporten zijn vermeld. Voor het eerste watervoerende pakket is een doorlatendheid van $100 \text{ m}^2 \cdot \text{etm}^{-1}$ gegeven en voor het tweede en derde pakket samen een doorlatendheid van $3200 \text{ m}^2 \cdot \text{etm}^{-1}$. Onder het gestuwde gedeelte is ten behoeve van de geohydrologische schematisering op de diepte van de eerste scheidende laag ook een scheiding in het watervoerende pakket gedacht. Zonder pompproef is de weerstand van slecht doorlatende lagen moeilijk te bepalen. Elders wordt voor de Eemklei een verticale doorlatendheid aangehouden van $5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{etm}^{-1}$. Voor het Meeuwenkampje zou dat betekenen dat de weerstand van deze laag in het noorden, oosten, zuiden en westen respectievelijk 200, 320, 300 en 200 etmalen bedraagt.

4. GEOMORFOLOGIE EN TOPOGRAFIE

Het reservaat ligt in een overgangsgebied van een zandig naar een veenachtig gebied. Dergelijke veengebieden komen op meerdere plaatsen langs de Utrechtse Heuvelrug, en in dit geval langs de Emminkhuizerberg, voor. In het Meeuwenkampje ligt het veen min of meer in een komvormige laagte. Verondersteld is wel dat het een pingo restant is. Een pingo is een vorstheuvel die ontstaan is uit de vorming van een ijslens in de grond in periglaciaal gebied. Na de ijstijd smolt de ijslens en zakte de heuvel in elkaar waarna er een laagte overbleef die vaak permanent water bevat. Een andere veronderstelling is, dat het een dekzanddepressie betreft die ontstaan is door het uitwaaien van zand rond vegetaties. De komvormige laagte in het reservaat is opgevuld met klei, veen en zand. In het volgende hoofdstuk wordt hier verder op ingegaan.

De Gelderse Vallei is een overwegend vlak gebied met veel lage dekzandruggen (Stiboka, 1967). Ten noordoosten van het gebied ligt een dergelijke rug die een kleine uitloper van een grotere dekzandrug is. Dit is goed te zien op figuur 5, waarop de hoogtelijnen van de omgeving van het reservaat staan afgebeeld. Deze zijn getekend met behulp van de hoogtecijferkaart van de Topografische Dienst. Verder zijn de kunstmatig opgeworpen dijken en forten belangrijke verhogingen in het landschap.

Opvallend is de Emminkhuizerberg die ten zuidwesten van het reservaat is gelegen. De voet van de berg ligt op 500 m van het midden van het reservaat. De afstand tot het hoogste punt, dat op 21,8 m + N.A.P. is gelegen, bedraagt 1500 m. Uit eigen hoogtemetingen bleek dat het zuidelijkste gedeelte van het reservaat niet beneden de 6 m is gelegen zoals in figuur 5 is aangegeven. Wel ligt het gebied tussen de spoorlijn, de Emminkhuizerberg en de autosnelweg in het zuiden in een laagte.

In figuur 6 is een meer gedetailleerde hoogtekaart van het reservaat gegeven. Per 200 m² is hiervoor de hoogte gemeten. In het meest noordelijke perceel (1) zijn duidelijk de bezandingseactiviteiten te herkennen. Vanaf de Slaperdijk wordt het zanddek steeds dunner en de maaiveldshoogte lager. Uitgaande van een hoogteligging van het

maaiaveld voordat de Slaperdijk gedeeltelijk is afgegraven van 5.90 à 6.00 m + N.A.P. is met behulp van een planimeter vastgesteld dat er op dit perceel een kleine 10.000 m³ zand is opgebracht.

Aan de oostzijde van perceel 2 ligt de dekzandrug en loopt het maaiveld wat op. Aan de westzijde van dit perceel is in het verleden grond opgebracht waardoor het maaiveld er wat hoger ligt. De laagste gedeelten van perceel 2 zijn niet of heel dun bezand. Op de hoogtelijkenkaart is het niet duidelijk te zien, maar er is langs het steile talud van de spoorbaan wat extra zand opgebracht, waardoor deze strook min of meer berijdbaar is. Beter te zien is, dat op een aantal plaatsen wat zand van de spoorbaan is afgeschoven. Aan de zuidzijde is dit plaatselijk ook gebeurd. Perceel 4, waarvan het bodemprofiel gemengd is, is vrij vlak. Het overgrote gedeelte ervan ligt tussen de 6.00 en 6.20 m + N.A.P.

Van perceel 3 is een zeer gedetailleerde hoogtekaart samengesteld die is afgebeeld in figuur 7. Hiervoor is per 25 m² de maaiveldshoogte bepaald. Centraal in dit perceel zijn duidelijk de plaatsen te zien waar veen is afgegraven. Meer in noordelijke richting is het laagste gedeelte gelegen. De spoorsloot, die met een hoogteligging van tussen de 5.40 en de 5.50 m + N.A.P. nog wel een duidelijke laagte vormt, is dichtgegroeid.

Naar de perceelsranden in het oosten, zuiden en westen loopt het maaiveld op, waarbij op drie plaatsen 'heuveltjes' enkele decimeters boven het omringende maaiveld uitsteken.

Aan de westzijde van het perceel ligt rond vier afgeplagde plekken een wat hoger gelegen strook grond. In de zestiger jaren zijn de vier plekken afgeplagd waarbij het plagdek en de slootbagger tussen de sloot en de plagplekken op onregelmatige hopen is gegooid.

5. DE BODEM

5.1. Beschrijving van de bodem.

Op de bodemkaart 1: 50 000 van Stiboka (1965) wordt het gedeelte van het reservaat ten noorden van de spoorlijn aangegeven als een broek-eerdgrond met een dekzanddek en een zandondergrond zonder duidelijke podzol-B, in associatie met een veldpodzolgrond bestaande uit leemarm en zwak lemig fijn zand. De bodem van het zuidelijke gedeelte van het reservaat is volgens deze kaart een vlierveengrond met zand ondieper dan 120cm, zonder humuspodzol.

Voor het vervaardigen van een bodemkaart 1: 50 000 wordt gemiddeld 1 boring per 6 ha verricht. Dat betekent dat er in het Meeuwenkampje 1 à 2 boringen zijn uitgevoerd. Gezien de schaal van onderzoek is dit erg summier. Daarom zijn er een aantal aanvullende boringen uitgevoerd om een nauwkeuriger beeld van de opbouw van de bodem te krijgen.

Naast de vier diepe boringen zijn op de percelen 1, 2 en 3 tachtig ondiepe boringen uitgevoerd. De diepte varieerde van een 1.0 tot 2.7 meter. In 1977 heeft Staatsbosbeheer op perceel 4 en ten oosten en ten zuiden van perceel 3 een aantal boringen uitgevoerd om de dikte van de doorgewerkte bovengrond en van het eventueel nog aanwezige veen vast te stellen (Staatsbosbeheer, 1982).

Alle profielbeschrijvingen samen geven een goed beeld van de opbouw van de bodem en de verspreiding van de verschillende bodemlagen in het reservaat. Aan de hand van van deze gegevens zijn een aantal figuren samengesteld.

In figuur 8 is de diepte van de zandondergrond ten opzichte van N.A.P. in kaart gebracht. Hierop is de komvormige laagte van het pingo restant of het uitblazingsbekken duidelijk te herkennen. Onder de spoorbaan zijn geen boringen uitgevoerd, maar verwacht mag worden dat de laagte daar is uitgegraven en is opgevuld met zand. Op het diepste punt ligt de zandbodem circa 3 meter onder het omringende maaiveld. De laagte is opgevuld met venige klei, veen en zand. Hoewel het profiel van boring tot boring varieerde, ziet een gemiddelde profielbeschrijving er voor het middengedeelte van het pingo restant er als volgt uit:

0 - 30 cm	humeus zand of gereduceerd veen
30 - 130	bruin veen (overwegend zegge- en veenmosveen), overgaand in
130 - 200	donker bruine venige klei
200 - 270	licht bruine venige klei, soms grijze venige zware zavel
270 - 280	leemarm zand

Naar de randen van de laagte wigt de klei uit. Het veen heeft zich over de rand verder in de omgeving over de zandondergrond verspreid. In het beheersplan van het reservaat is op een plek in perceel 3 een profielbeschrijving gegeven. Daarbij is tussen de veenlaag en het onderliggende dekzand een 'amorf, uiterst gefragmenteerd, gyttja-achtig, waarschijnlijk gesedimenteerd laagje veen' aangetroffen. Tijdens het eigen bodemonderzoek is een dergelijk laagje echter nergens duidelijk aangetroffen.

Op verschillende plekken is in plaats van veen venige klei of humusrijk zand aanwezig en soms een combinatie van deze drie soorten grond. Los daarvan komen er al dan niet humeuze zandlaagjes op verschillende dieptes in het profiel voor.

Het veen komt niet onder het hele reservaat voor. Aan de noord- en oostzijde wordt de venige laag op een N.A.P.-hoogte van circa 5.5 meter begrensd door de dekzandrug waarvan alleen de bovenste 20-30 cm matig humeus is. De ondergrond bestaat er uit uiterst humusarm, fijn zand.

Tussen perceel 3 en perceel 4 ligt een relatief hoge zandrug die door een dunne humusrijke zandlaag is afgedekt. Op de afgeplaaide gedeeltes die aan de westzijde van perceel 3 liggen is deze laag slechts 10-15cm dik. Een dergelijke rug rond de laagte is kenmerkend voor een pingo restant. Dit zand is afgeschoven van de ijslens die tijdens de ijstijd is ontstaan. Aangezien de rug slechts langs een klein gedeelte van de laagte voorkomt is hiermee nog niet aangetoond dat het een pingo restant betreft in plaats van een eolische dekzanddepressie.

In figuur 9 is de globale dikte van de laag tot de zandondergrond gegeven. Voor de plekken waar de zandondergrond alleen wordt afgedekt door een dunne humeuze of humusrijke zandlaag is in het figuur de dikte van deze laag gegeven. De ongelijke maaiveldshoogte maakt dat de

aangegeven grenzen op een aantal plaatsen niet nauwkeurig zijn. De opgevulde depressie is uiteraard de plek waar de laag het dikste is. Daaromheen neemt de dikte binnen enkele tientallen meters snel af. In plaats van het opnemen van 80 profielbeschrijvingen zijn van de percelen 1, 2 en 3 een aantal doorsneden gemaakt (figuur 10a en b). De situering van deze doorsneden is in figuur 11 aangegeven. De verschillende lagen waarmee de depressie is opgevuld zijn hierop duidelijk te zien. Hoewel niet alle dunne bodemlagen staan aangegeven blijkt hieruit de heterogene profielopbouw van met name perceel 1. Tijdens de boringen zijn van verschillende bodemlagen monsters genomen, waarvan het gehalte aan organische stof is bepaald. Deze gehalten zijn in de legenda van figuur 10 opgenomen. Tussen de donker bruine venige klei en het veen komt vaak een dunne overgangslaag van donker bruin kleilig veen voor. Tussen de donker bruine, de licht bruine en de grijze venige klei/zware zavel is er weinig verschil tussen het gehalte aan organische stof. Het gehalte van de donker bruine klei is gemiddeld 2.5% hoger.

In 1978 is in perceel 4 op ruim twintig plaatsen de dikte van de doorgewerkte grond en de dikte van de daaronder eventueel nog aanwezige veenlaag gekarteerd (Staatsbosbeheer, 1982). In dit perceel is de veenlaag op een vrij vlakke zandondergrond, die op ongeveer 5.5 meter + N.A.P. ligt, ontstaan. Behalve in een strook die aan perceel 3 grenst is het veen ook niet aangetroffen in het zuidoosten van dit perceel.

Bij de diepe boring A die aan de noordoostzijde van het reservaat is uitgevoerd, is tussen de 4.5 en de 5.5 meter beneden het maaiveld een taaie venige kleilaag aangetroffen. Deze ligt echter beneden de onderzijde van de depressie en sluit niet aan op de gekarteerde lagen met een vergelijkbare samenstelling. In de Formatie van Twente, waartoe deze laag behoort, worden meer van dergelijke lagen aangetroffen.

5.2. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken

In het Meeuwenkampje zijn waterretentiekarakteristieken ($h-\theta$ relaties) en doorlatendheidskarakteristieken ($k-h$ relaties) van diverse bodemlagen via direkte meting aan ongestoorde bodemonsters bepaald.

In het najaar van 1986 zijn op 4 lokaties kuilen gegraven waar op diverse dieptes in het totaal 8 monsters zijn genomen. De monsters hadden een hoogte van 8,0 en een diameter van 10,3 cm.

De methode die gebruikt is om de k - h en de h - θ relaties te bepalen staat beschreven in Soil Science (Boels e.a., 1978). Deze methode komt er in het kort op neer, dat de monsters na verzadiging op een balans worden geplaatst en de afname van het gewicht, c.q. het vochtgehalte die door de verdamping aan de bovenkant van de monsters plaatsvindt, wordt geregistreerd. Verder wordt de drukhoogte in ieder monsters met vier tensiometers om de vijf minuten gemeten, tot het moment dat er lucht in de tensiometers komt.

De waarnemingen zijn met behulp van een computerprogramma verwerkt. Tot de drukhoogte die voor de verschillende monsters varieert van bijna -500 tot -950 cm zijn de relaties aan de metingen ontleend. Het vochtgehalte en de doorlatendheid voor lagere drukhoogtes zijn door extrapolatie verkregen. Tussen de -1 en -10 cm zijn weinig of geen metingen uitgevoerd. Vooral de doorlatendheid is daardoor in dit traject niet betrouwbaar. De waarden hiervoor zijn ontleend aan een aantal publicaties. (Rijtema, 1969; Beuving, 1984; Wösten e.a., 1986).

Van het eindresultaat zijn de relaties tussen de drukhoogte van het van het bodenvocht (h) enerzijds en het vochtgehalte (θ) en de onverzadigde doorlatendheid (k) anderzijds van vijf soorten grond grafisch weergegeven in de figuren 12 tot en met 16:

figuur 12. de humeuze zandbovengrond die een groot gedeelte van het reservaat en met name de percelen 1 en 4 bedekt.

figuur 13. humusarm en humusloos zand dat, op verschillende dieptes, in de ondergrond van het hele reservaat aanwezig is.

figuur 14. de intensief doorwortelde zone van perceel 3 die bestaat uit veen.

figuur 15. grotendeels veraard veen dat meestal binnen 60 cm wordt aangetroffen.

figuur 16. niet veraard riet- en veenmosveen dat op verschillende plaatsen in de ondergrond voorkomt.

De verzadigde doorlatendheid van de grondsoorten is uit de figuren af te lezen.

Van de venige klei, waarmee het pingo restant gedeeltelijk is opgevuld, konden om praktische redenen geen monsters genomen worden.

De $k-h$ en de $h-\theta$ relatie hiervan is echter niet van direkt belang voor de vochthuishouding in de onverzadigde zone en daarmee voor de vochtvoorziening van de vegetatie.

6. DE WATERHUISHOUDING

6.1. De waterhuishouding tot 1986

Oude topografische kaarten geven vaak ook een beeld van de waterhuishouding in de betreffende tijd. Veel gronden staan als nat of moerasachtig aangegeven. Met de verbetering van de afwatering neemt de oppervlakte van dergelijke gronden af. Ook het Meeuwenkampje heeft deze ontwikkeling doorgemaakt. De eerste gemeten waterstanden zijn echter van vrij recente datum.

Bij het Archief van Grondwaterstanden van de Dienst Grondwaterverkenning TNO zijn van vier landbouwbuizen en van vier diepe peilbuizen die binnen een afstand van 2,5 km van het Meeuwenkampje staan, grondwaterstandsgegevens opgevraagd. Omdat de situatie bij de landbouwbuizen nogal verschilt van die in het reservaat, zijn de peilgegevens ervan niet verder gebruikt.

Van de vier diepe buizen is alleen de peilbuis die in figuur 3 met 100 staat aangegeven gebruikt. Van deze buis, die op een kilometer afstand ten noordwesten van het reservaat staat, is vanaf 1962 een onafgebroken reeks meetgegevens beschikbaar. Hiervan zijn de potentialen van het tweede watervoerende pakket, dus van onder de Eemklei, gebruikt om hier een eventuele verandering in aan te tonen. Een verandering zal ook in de omgeving van het meetpunt zijn opgetreden.

Van de gegevens zijn jaar- en kwartaalgemiddelden uitgerekend.

Datzelfde is gedaan voor het neerslagoverschot. Hiervoor is de neerslag verminderd met de potentiële verdamping van grasland. De verdamping is tot 1982 met de formule van Priestley en Taylor (1972) berekend en daarna via de open water verdamping (E_o) (Penman, 1948) die vermenigvuldigd is met een reductiefactor 0,8. Het berekende neerslagoverschot is representatief voor centraal Nederland.

De gemiddelde grondwaterstand is voor ieder jaar in de periode 1962 tot 1985 uitgezet in figuur 17. Het bleek dat er in deze periode volgens een lineair verband een daling van de potentiaal van het grondwater is opgetreden van 14.0 cm, terwijl het neerslagoverschot een verwaarloosbare afname van 7 mm te zien gaf. De regressiecoëfficiënten zijn echter nihil.

Volgens figuur 17 lijkt de dalende tendens van het grondwater na 1976 echter om te slaan in een stijgende. Voor de periode 1962 tot 1977 is er bij een afname van het potentiële neerslagoverschot met 314 mm een daling van de potentiaal opgetreden van 37.1 cm ($r^2 = 0.23$, respectievelijk 0.48) en van 1976 tot 1985 bedraagt de toename van het neerslagoverschot 357 mm en de stijging van de potentiaal 30.6 cm ($r^2 = 0.41$ en 0.58). Per saldo komt dit voor de hele periode neer op een toename van het neerslagoverschot met 43 mm en een daling van de potentiaal met 6.5 cm.

Het bleek dat 1976, met name voor de periode 1976 - 1985, de helling van de regressielijn voor een belangrijk deel bepaalt. Veel hangt af van de periode waar de berekeningen betrekking op hebben. Zo zou 1966 ook als een omslagpunt beschouwd kunnen worden. Dit levert ongetwijfeld weer andere waarden op. In een volgende nota wordt via een of meer andere methode(n) nagegaan of de daling met een grotere nauwkeurigheid kan worden bepaald.

is.

Vervolgens is gekeken hoe groot de daling per kwartaal is. Hiervan is het verloop in figuren 18 A tot en met D afgebeeld.

De potentialen in het eerste kwartaal zijn in deze periode niet gedaald. Vanaf april, het begin van het groeiseizoen, tot juli bedraagt de daling 14 cm. In het derde kwartaal is de daling het grootst, 31 cm, terwijl ook de regressiecoëfficiënt het hoogst is. In de herfst, het vierde kwartaal bedraagt de daling 11 cm.

De trendbreuk die in figuur 17 was geconstateerd is ook in de figuren 18 A t/m D meer of minder duidelijk aanwezig. Voor het derde kwartaal, waarin de grootste daling is opgetreden, blijkt uit berekeningen waarin 1976 als omslagpunt wordt beschouwd, eerst een daling te zijn opgetreden van ruim 54 cm, gevolgd door een stijging met bijna 25 cm. In dit geval levert dit voor beide berekeningswijzen eenzelfde daling op van 31 cm. Ook de het verschil in neerslagoverschot verschilt via beide berekeningen weinig, -58 mm wanneer de hele periode in beschouwing wordt genomen en -44 mm met 1976 als omslagpunt.

De daling, die vooral in de zomer is opgetreden, is het gevolg van een grotere onttrekking van grondwater uit het tweede watervoerende pakket. Naast een toename van de onttrekking ten behoeve van de drinkwatervoorziening en de industrie, heeft er in de afgelopen decennia ook een toename plaatsgevonden van de beregning (van Boheemen,

1985 en Reinds, 1986). In 1985 kon in de gemeente Renswoude 15% en in de gemeente Veenendaal 30% van de oppervlakte cultuurgrond worden berekend. Hierbij wordt voor ongeveer 35, respectievelijk 85% gebruik gemaakt van grondwater.

Aan de hand van de peilgegevens die in hoofdstuk 6.3. ter sprake komen is nagegaan welk verband er binnen het reservaat bestaat tussen de potentiaal in het tweede watervoerende pakket en het freatische grondwater in het midden van de vier percelen. In het midden van de percelen wordt de grondwaterstand het minst beïnvloed door het peil in de perceelssloten. Voor de potentiaal in het tweede watervoerende pakket zijn de gegevens gebruikt van buis A (zie figuur 20). Dit was de eerste diepe buis die in het reservaat geplaatst is. Behalve dat hier de meeste gegevens van beschikbaar zijn, is de buis op een gunstige plaats, niet ver van het midden van de percelen 1, 2 en 3, gesitueerd.

Tabel 1. Het verband tussen de grondwaterstand in het midden van een perceel (x) en de potentiaal in het tweede watervoerende pakket (y)

		r^2	daling bij een afname van de diepe potentiaal met 31cm
perceel 1	$y=0.62x+127.7$	0.91	50cm
perceel 2	$y=0.82x+128.3$	0.88	37
perceel 3	$y=1.05x+115.8$	0.78	30
perceel 4	$y=0.59x+115.7$	0.65	53

Opmerkelijk is volgens de gegevens uit tabel 1, dat de daling van het freatisch grondwater in de afgelopen decennia in de percelen 1 en 4 groter is geweest dan in de percelen 2 en 3. De meetpunten in de percelen 1 en 4 liggen relatief iets hoger en de fijne zandbodem heeft een geringe berging. De percelen 2 en 3 liggen over het algemeen wat lager en hebben een veenbovengrond. In een groot gedeelte van de ondergrond komt hier de klei voor waarmee het pingo restant voor een belangrijk gedeelte is opgevuld.

In perceel 3 zijn vanaf augustus 1967 zoveel mogelijk op de 14e en de 28e dag van iedere maand waterstanden opgenomen. Dit betrof de standen in drie peilbuizen, een punt in een veenputje dat middenin

middenin het perceel ligt en een punt in de zuidelijke sloot, vlak voor de duiker. In 1986 zijn de drie peilbuizen herplaatst en samen met het vaste punt bij de duiker opgenomen in het nieuwe meetnet. In figuur 20 zijn deze buizen aangegeven als 10, 20 en 21 en het peilpunt voor het oppervlaktewater met 0-4.

Bij het plaatsen van het meetnet zijn de oude buizen blijven staan. Het bleek dat het peil in een paar buizen regelmatig minder sterk fluctueerde ten opzichte van het grondwaterniveau in de omgeving. De bovenkant van de open buizen bevinden zich beneden de gemiddelde maaiveldshoogte en waarschijnlijk is er grond e.d. in de buizen terecht gekomen, waardoor de filters niet goed meer functioneren. Bij de verwerking van de gegevens is hiermee rekening gehouden. Er is geen onafgebroken reeks peilgegevens beschikbaar. Zo ontbreken de waarnemingen van 1972 en van de periode van 1976 tot 1980.

Van de meest representatieve buis (gresbuis 4 bij plek 10) zijn de tot zomer- en wintergemiddelden omgerekende gegevens uitgezet in figuur 19. In dit figuur valt op, dat de grondwaterstand in de zomer van 1985 hoog is. Vooral in juni, maar ook in augustus van dat jaar is er erg veel neerslag gevallen. Verder valt uit dit figuur af te lezen, dat over het algemeen zowel de zomer- alsook de wintergrondwaterstanden in de periode voor 1976 gemiddeld hoger waren dan in de periode vanaf 1980. Het aantal gegevens is echter te gering om hier conclusies aan te verbinden en de eerder berekende daling van de zomergrondwaterstand mee te kunnen bevestigen. De daling van de waterstand in het winterhalfjaar kan niet aan een afname van de potentiaal in het tweede pakket worden toegeschreven. Hiervoor moet de oorzaak gezocht worden in een verbetering van de afwatering, waardoor het peil in de waterlopen 's winters laag is.

6.2. Het hydrologisch meetnet

Op 1 april 1986, het begin van het groeiseizoen, was het ondiepe hydrologische meetnet gereed. Hiervan is een overzicht opgenomen in figuur 20. Naast de peilbuizen zijn in dit figuur tevens de sloten en greppels met hun stromingsrichting en bodemhoogte ten opzichte van NAP aangegeven.

Het meetnet bestaat uit twintig peilbuizen met een filter van een halve meter. Dit filter bevindt zich beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand. Voor de meeste buizen betekende dit, dat ze niet langer zijn dan 1,5 - 2,0 meter. Direkt naast deze buizen zijn ook buizen met een lengte van ca. 0,5 meter geplaatst. Deze bevatten alleen bij hoge grondwaterstanden water en hebben in de eerste plaats een functie bij het waterkwaliteitsonderzoek. Een eventueel potententiaalverschil tussen beide buizen geeft wel inzicht in de verticale beweging van het bovenste grondwater.

Aan het begin van de zomer van 1986 zijn in het reservaat vier diepe boringen uitgevoerd, waarbij in niet scheidende lagen filters zijn aangebracht. In hoofdstuk 3 is een globale beschrijving van de boringen opgenomen.

De diepe buizen zijn zoveel mogelijk langs de randen van het reservaat geplaatst. Van de andere buizen staan er relatief veel in het waardevolle perceel 3. Op een plek in perceel 1 en in perceel 4 zijn ook een paar buizen dicht langs de sloot geplaatst, om hiermee de eventuele drainerende werking van de sloot zichtbaar te maken.

De grondwaterstanden zijn in 1986 zoveel mogelijk wekelijks en in 1987 twee keer per maand waargenomen. In de winter '86 - '87 konden de standen als gevolg van een landurige vorstperiode een tijdlang niet worden waargenomen. In 1986 en 1987 zijn al wel zoveel waarnemingen verricht, dat een goed beeld van de waterhuishouding in het gebied kan worden verkregen. Dit beeld wordt uiteraard beter naarmate er van meer, en in hydrologisch opzicht verschillende, jaren peilgegevens beschikbaar komen.

6.3. Tijd-stijghoogtelijnen van het freatisch grondwater

Van de grondwaterstandsgegevens zijn tijd-stijghoogtediagrammen getekend. Tijd-stijghoogtelijnen geven informatie over het verloop van het grondwaterniveau gedurende de meetperiode. Zo kan bij voorbeeld het grondwaterniveau aan het begin van het groeiseizoen worden afgelezen, evenals de lengte van droge en natte perioden. De fluctuatie van het grondwater geeft, samen met de hoeveelheid neerslag, onder bepaalde omstandigheden inzicht in de berging van de grond.

Omwille van de overzichtelijkheid kunnen er vrij weinig lijnen in een figuur worden afgebeeld. In deze nota zijn vier figuren met in het totaal 22 tijd-stijghoogtelijnen opgenomen. In figuur 21 is voor het middengedeelte van elk van de vier percelen (buis 1, 6, 10 en 13) van 1986 en van 1987 de tijd-stijghoogtelijnen weergegeven. Verder zijn, eveneens van 1986 en 1987, in figuur 22 de tijd-stijghoogtelijnen van perceel 3 afgebeeld. De eerste waarneming dateert van 1 april 1986 en de laatst verwerkte waarneming van november 1987.

In figuur 21 is te zien dat aan het begin van het groeiseizoen van 1986 het grondwater op alle vier de plekken dicht onder het maaiveld stond. In buis 13, die in perceel 4 staat, daalt het grondwater snel en bereikt in juli de diepste waarde. Het maaiveld in de omgeving bij deze buis is echter wat hoger gelegen dan de gemiddelde maaiveldshoogte van dit perceel. Bij buis 1 (perceel 1) daalt het grondwater minder snel en lijkt in de (na)zomer terug te vallen op een regionaal niveau. Het grondwaterniveau bij de buizen 6 (perceel 2) en 10 (perceel 3) verschilt weinig van elkaar. De fluctuatie is er vrij gering.

In meteorologisch opzicht kenmerkte 1986 zich als een droge zomer. De zomer van 1987 daarentegen was relatief nat. Dat had duidelijke consequenties voor de grondwaterstand. Op 1 april 1987 was de grondwaterstand gemiddeld weliswaar 10 cm lager dan op 1 april van het jaar daarvoor, maar vanaf begin mei volgden enkele natte en minder natte perioden elkaar op, met als gevolg dat het grondwaterniveau sterk fluctueerde en zo'n 30 cm boven het laagste niveau van 1986 bleef.

In figuur 22 staan de tijd-stijghoogtelijnen van perceel 3 afgebeeld. Hierop is goed te zien dat het grondwater in het hele perceel een vrijwel identiek verloop heeft. Alleen bij de buizen 12 en 21 is de grondwaterstand wat dieper. Ten opzichte van de rest van het perceel ligt het maaiveld hier wat hoger. Bij buis 9, die in de verlandde sloot staat, is het maaiveld juist wat lager en de grondwaterstand wat hoger dan de omgeving.

Op de grondwatertrappenkaart 32-Oost (Stiboka, 1965) staan voor het Meeuwenkampje de grondwatertrappen II, II/III en III aangegeven. In 1959 en 1960 zijn de opnamen voor deze kaart gemaakt.

Een grondwatertrap (Gt) III heeft een gemiddeld hoogste grondwater-

waterstand (GHG) van minder dan 40 en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) tussen de 80 en de 120 centimeter beneden maaiveld. Van grondwatertrap II wordt de GHG niet aangegeven en de GLG ligt tussen de 50 en de 80 centimeter.

Behalve het oostelijke gedeelte van perceel 1, dat een Gt III heeft, wordt voor rest van het reservaat dat ten noorden van de spoorlijn ligt een Gt II/III aangegeven.

De schaal van de grondwatertrappenkaart (1:50 000) maakt, dat de grondwatertrappen niet gedetailleerder weergegeven worden. Op grond van de metingen uit 1986 en 1987 zou een groot gedeelte van perceel 2 en de poel in perceel 1 echter een Gt II moeten hebben.

Perceel 3 en perceel 4 hebben volgens de grondwatertrappenkaart een Gt II. Meer in detail geven de metingen aan, dat de hogere randen langs de waterlopen en het hoogste gedeelte van de rug van perceel 4 een Gt II/III of Gt III hebben.

6.4. Overschrijdingsduurlijnen van het freatisch grondwater

Bij de constructie van een overschrijdingsduurlijn valt een deel van de informatie van de tijd-stijghoogtelijn weg, terwijl andere informatie overzichtelijker wordt. Zo kunnen bij voorbeeld door het cumulatieve karakter meer lijnen in een figuur worden opgenomen. Verder kunnen de duurlijnen getalsmatig gekarakteriseerd worden.

Bij een overschrijdingsduurlijn is op de Y-as, evenals bij de tijd-stijghoogtelijn, de diepte van het grondwater ten opzichte van het maaiveld aangegeven, terwijl op de X-as het aantal dagen is uitgezet. Op verschillende dieptes, hier met intervallen van 5 cm, is het aantal dagen gesommeerd waarop de betreffende stand wordt bereikt of overschreden. Deze punten worden door een lijn met elkaar verbonden.

Vegetatie-typen worden vaak gerelateerd aan karakteristieke overschrijdingsduurlijnen. Daarvoor worden uit meerdere jaren gemiddelde duurlijnen bepaald. De grondwaterstandsmetingen van 1986 en 1987 omvatten een droge en een natte zomer en slechts een winter. Als er in een later stadium van het onderzoek van meer jaren metingen beschikbaar zijn worden gemiddelde duurlijnen berekend. De periode die hier in beschouwing is genomen is een groeiseizoen.

Het groeiseizoen loopt van 1 april tot en met 31 oktober en telt 214 dagen. 's Winters zal het niveau van het grondwater meestal hoog zijn, zodat dit weinig invloed zal hebben op de vorm van de duurlijn. De duur waarover hoge (en lage) grondwaterstanden optreden is wel van belang in verband met het ondermeer het zuurstofgehalte, de mineralisatiesnelheid en de temperatuur van de bodem. Het tijdstip en de lengte van de afzonderlijke perioden waarin dergelijke grondwaterstanden optreden zijn niet aan de overschrijdingsduurlijnen af te lezen. Deze informatie bieden tijd-stijghoogtelijnen wel. Meer informatie met betrekking tot de verwerking, de interpretatie en de toepassingsmogelijkheden van overschrijdingsduurlijnen is te vinden in een nota over dit onderwerp (Jansen, 1981).

Van de groeiseizoenen van 1986 en 1987 zijn voor de beide groepen grondwaterstandsbuizen die in de figuren 21 en 22 zijn opgenomen overschrijdingsduurlijnen bepaald. Deze staan in de figuren 23 en 24 afgebeeld. In figuur 23 is ter illustratie ook de duurlijn van het grondwater aan de rand van de waterloop die aan de noordoostzijde van perceel 4 loopt gegeven, om daarmee de drainerende werking van deze sloot gedurende perioden met hoge grondwaterstanden, aan te tonen. Hiervoor is buis 16 gebruikt. Met name in het vrij droge groeiseizoen van 1986 valt het verschil van deze duurlijn met de duurlijn van buis 13 op. Deze laatste buis staat meer centraal in hetzelfde perceel. Het grondwater in 16 heeft geen hoge standen bereikt en de amplitudo ervan is gering.

In figuur 23 valt verder op dat de lijnen van de plekken 6 en 10 vrij weinig van elkaar verschillen. Datzelfde geldt in het natte jaar 1987 in zekere zin ook voor 1 en 13. Voor 1986 verschillen de lijnen meer van elkaar. Bij 13 is het grondwater een kortere tijd hoog geweest. In figuur 24 vallen de meeste lijnen samen. Uitzondering vormen de lijnen van de buizen 12, 21 en 9. Bij de tijd-stijghoogtelijnen kwam al ter sprake dat de maaiveldshoogte bij 12 en 21 wat hoger en bij 9 wat lager is dan in de rest van perceel 3. Bij 9 stond de verlandde sloot een groot gedeelte van het groeiseizoen onder water. De vegetatie groeit hier gedeeltelijk op pollen die ook bij hoge grondwaterstanden boven het water uitsteken. Behalve de delen van dit perceel waar, door afgraven en afplaggen, het maaiveld relatief laag ligt, komt het grondwater gedurende het groeiseizoen op de meeste plaatsen

niet beneden de 10 cm.

Binnen eenzelfde periode verschillen de vormen van de duurlijnen onderling vrij weinig van vorm. Verschillende jaren geven wel een sterk afwijkend beeld te zien. Voor een groot gedeelte is de vorm afhankelijk van de grootte en de verdeling van de neerslag. De groeiseizoenen van 1986 en 1987 waren wat dat aangaat tegengesteld. Dat komt eveneens tot uitdrukking in de z/x -waarden van de duurlijnen. Met de z/x -waarde wordt de vorm van de duurlijn getalsmatig vastgelegd. Z is hierin de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld na de helft van de beschouwde periode, terwijl x de gemiddelde stand ten opzichte van het maaiveld over de gehele periode voorstelt. Door z te delen door x wordt de coëfficiënt z/x verkregen. Een waarde $z/x < 1$ betekent een convexe (bolle) duurlijn, hetgeen duidt op een groot neerslagoverschot, kwel en/of een slecht doorlatende grond. Een waarde $z/x > 1$ duidt daarentegen op een klein neerslagoverschot, infiltratie en/of een goed doorlatende grond. De duurlijn heeft dan een concave (holle) vorm. Van alle duurlijnen, ook van die waar geen afbeeldingen van zijn opgenomen, zijn de z/x waarden bepaald. Deze zijn in tabel 2 opgenomen. Door het verschil in neerslagoverschot zijn de waarden in 1987, met uitzondering van 15 en 16, kleiner dan in 1986. In 1987 komen er ook waarden voor die kleiner dan 1 zijn, terwijl dat in voor het drogere groeiseizoen van 1986 niet het geval was.

Tabel 2. Z/X -waarden van de overschrijdingsdurlijnen van de groeiseizoenen van 1986 en 1987 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'.

	1986	1987		1986	1987
1 B1	1.17	1.00	12 B1	1.01	1.00
2 B1	1.08	0.98	13 B1	1.06	1.02
3 B1	1.09	0.98	14 B1	1.06	1.01
5 B1	1.09	1.02	15 B1	1.00	1.01
6 B1	1.12	0.97	16 B1	0.99	1.02
7 B1	1.10	0.99	17 B1	1.09	1.01
8 B1	1.06	0.96	18 B1	1.06	1.01
9 B1	1.11	0.81	19 B1	1.05	1.01
10 B1	1.06	0.96	20 B1	1.02	1.01
11 B1	1.05	0.99	21 B1	1.04	0.98
			B B3	-	1.00

Als ervan wordt uitgegaan dat bij de buizen de grootte van het neerslagoverschot binnen eenzelfde periode onderling niet veel van elkaar afwijken, wordt het verschil tussen de z/x-waarden in die periode voor een belangrijk gedeelte veroorzaakt door verschillen in horizontale en verticale toe- en afstroming van het grondwater. Vooral in 1987 is de volgorde van de hoogste z/x-waarde (1.02) naar de laagste (0.81) interessant. Alle buizen die een waarde 1.00 of hoger hebben liggen of in de directe nabijheid van een sloot met een sterk drainerende werking (buis 12, 15, 16 en 20), of in perceel 4 (buis 13, 14, 15, 16, 17, 18 en 19) of bij de Slaperdijk (buis 1, 5 en B). Het is duidelijk dat het grondwater naast een drainerende sloot een sterke nijging heeft om te infiltreren. Uit het isohypsenbeeld van een natte periode (figuur 25) is te zien dat het grondwater in perceel 4 een lokale opbolling vertoont. Deze opbolling verdwijnt in minder natte perioden snel, met als gevolg dat de overschrijdingsduurlijnen er een hol verloop hebben. Tot slot de buizen 1, 5 en B. Deze liggen min of meer aan de rand van een grote dekzandrug die zich tot ver buiten het reservaat in noordoostelijke richting voortzet. Omdat de buizen aan de rand van dit infiltratiegebied staan treedt er ook een zekere toestroming op, waardoor het grondwater er minder snel daalt en terug lijkt te vallen op een regionaal niveau.

De buizen 6, 8, 9 en 10 hebben in 1987 de laagste z/x-waarden. Hier zou dus relatief de grootste toestroming c.q. kwel plaatsvinden. In een volgende deelnota wordt hier bij de chemische karakterisering van het grondwater op teruggekomen.

Het vrij droge groeiseizoen van 1986 laat, los van het feit dat de z/x-waarden daardoor hoger zijn, een heel andere volgorde zien dan in 1987. De vier buizen die sterk onder invloed staan van de drainerende sloten hebben in 1986 juist de kleinste z/x-waarde. De sloten voerden een gedeelte van de tijd geen water af of stonden zelfs droog. In die periode vindt er de minst sterke daling in de randzones langs de sloten plaats omdat het grondwater daar, tot het moment waarop de afvoer stagneerde, het laagste was.

Behalve 15 en 16 hebben de andere buizen van perceel 4 een meer gemiddelde z/x-waarde, omdat er ten opzichte van 1987 minder perioden met hoge grondwaterstanden voorkomen. De buizen die langs de rand van de dekzandrug staan hebben in 1986, net als in 1987, wel hoge waarden.

De buizen 6, 8, 9 en 10, die in 1987 de laagste waarden hebben, hebben in 1986 juist hoge waarden hebben. Opvallend is, dat deze buizen juist in het minst gestoorde gedeelte van het pingo restant staan. Mogelijk dat door de slechte doorlatendheid van de venige klei uit de ondergrond het grote neerslagoverschot relatief snel via de beter doorlatende bovengrond is afgevoerd.

6.5. Isohypsen van het freatisch grondwater

De stroming van het freatisch grondwater wordt geïllustreerd aan de hand van drie isohypsenkaartjes. In figuur 25 staat de situatie op 1 april 1986, in figuur 26 de situatie op 18 augustus 1986 en in figuur 27 de gemiddelde zomersituatie van 1986. Voor deze drie isohypsenbeelden zijn alleen gegevens van 1986 gebruikt, omdat op 1 april van dat jaar de grondwaterstanden erg hoog stonden, waarna er een zomer volgde die droog was en op 18 augustus erg lage grondwaterstanden werden gemeten. Deze standen geven weliswaar geen gemiddeld beeld van de stroming van het grondwater, maar zijn wel illustratief voor een vrij extreem natte en droge situatie. Het grootste gedeelte van het jaar zal het isohypsenbeeld een tussenvorm te zien geven.

Van de datum waarop de hoogste grondwaterstanden zijn gemeten (24 november 1986) is geen isohypsenkaartje gegeven, omdat deze in grote lijnen overeen komt met figuur 25, de situatie op 1 april. Het belangrijkste verschil wordt veroorzaakt door het al dan niet functioneren van de greppel die perceel 2 aan de noordzijde begrenst.

Op 1 april werkte deze greppel drainerend op de omgeving, maar tijdens perioden in de herfst en winter was hier niets van te merken en stroomde het grondwater vanuit noordoostelijke richting gelijkmatig onder de spoorbaan door.

Op 1 april hadden de belangrijkste waterlopen in de zuidelijke helft van het reservaat een relatief laag peil, wat van grote invloed was op de oppervlakkige grondwaterstroming. In figuur 25 is te zien, dat in perceel 3 de toestroming vanuit noordelijke richting plaatsvindt, waarna de stroming afbuigt in de richting van de westelijke, oostelijke en zuidelijke perceelssloten. De sloot die langs de zuid- en oostrand van dit perceel loopt, watert via een duiker af op de water-

loop die tussen de percelen 3 en 4 loopt. De bodemhoogte van de duiker ligt hoger dan de slootbodem. De afvoercapaciteit van de duiker is vaak gering, omdat regelmatig oeverplanten de stroming belemmeren. Bij lagere standen stagneert de afvoer via de duiker. De hoogte van de bodem van de duiker staat aangegeven in figuur 20. De verlandde spoorsloot heeft geen afwaterende functie. De waterstanden in deze sloot en op de afgeplagde gedeelten die centraal in dit perceel liggen worden boven een bepaald niveau afgevlakt doordat er dan water overloopt in de oostelijke sloot. Via de greppel die dwars door perceel 3 loopt wordt geen water naar de zuidelijke perceelssloot afgevoerd.

De spoorsloot is in 1973 enkele meters ten oosten van het reservaat afgedamd om de toevoer van vervuild water af te sluiten (Staatsbosbeheer, 1982). Dit gedeelte van de sloot heeft verder geen afvoermogelijkheden. Er is echter (nog) niet geconstateerd dat er bij hoge slootpeilen het water over het naastgelegen landbouwperceel wordt afgevoerd. Door het lage peil in de sloten die langs perceel 4 liggen, heeft het freatisch vlak hier een wat bolle vorm. Uit de vorm van de overschrijdingsduurlijnen bleek, dat deze lokale opbolling alleen bij een voldoende groot neerslagverschot in stand gehouden kan worden.

Het isohypsenbeeld van de gemiddelde zomersituatie van 1986 dat afgebeeld staat in figuur 27 laat zien, dat de zuidwestelijke grondwaterstroming vanaf het noordelijke reservaatgedeelte onder de spoorbaan door stroomt. De greppel langs de noordzijde van perceel 2 is ondiep en kan alleen bij hoge grondwaterstanden water afvoeren. In deze zomer was dat niet het geval. De sloten in de zuidelijke helft van het reservaat werken een gedeelte van de zomer wel drainerend en vormen de begrenzing voor deze stroming. In dit perceel is het freatisch vlak enigszins bol, maar als ook deze sloten geen water meer voeren wijzigt de situatie zich. Dit is te zien in figuur 26, waarin de isohypsen van 18 augustus 1986 zijn afgebeeld. De opbolling van het grondwater is veranderd in een relatieve laagte, waardoor de grondwaterstroming gericht is op het midden van de noordelijke helft van dit perceel. Deze stromingsrichting zet zich voort tot voorbij perceel 3, waardoor de stroming dan meer vanuit oostelijke richting komt in plaats van de hier meer gebruikelijke noordelijke tot noordoostelijke richting.

Ten noorden van de spoorlijn wijzigt de stromingsrichting van het grondwater nauwelijks tijdens een droge situatie. Alleen aan de oostzijde komt de stroming meer vanuit oostelijke richting.

Tot slot is in figuur 28 nog een doorsnede van perceel 3 gegeven met daarin de grondwaterstanden volgens de 3 isohypsenkaartjes. Tijdens hoge grondwaterstanden staat een gedeelte van het perceel onder water of plas/dras, waardoor het waterniveau in een groot gedeelte gelijk is. Alleen de strook grond langs de sloot en de hogere kopjes hebben diepere grondwaterstanden. Dit hangt samen met de drainerende werking van de sloot en de goede doorlatendheid van de bovengrond (zie ook hoofdstuk 5.2).

Op 18 augustus voert de sloot geen water af en is het verhang in het freatisch vlak klein. Gedurende het zomerhalfjaar is het verhang wel groter, terwijl de sloot een gedeelte van deze periode een drainerende werking had. Op een enkele uitzondering na had de sloot een vrij constant peil tussen de 5.30 en 5.35 m.+NAP.

6.6. Isohypsen van het diepe grondwater

Van het grondwater uit het tweede watervoerende pakket zijn twee isohypsenkaartjes opgenomen. Omdat de vier diepe buizen in de loop van 1986 zijn geplaatst, is in figuur 29 in plaats van de situatie op 1 april 1986 de situatie op 24 november afgebeeld. Dit figuur is representatief voor perioden waarin de stijghoogte van het grondwater in het tweede pakket groot is.

Figuur 30 laat de situatie op 18 augustus zien. Toen zijn de kleinste stijghoogtes gemeten. Ten opzichte van 24 november was de potentiaal een halve meter kleiner.

De stijghoogtes in de vier buizen laten zowel in een droge als in een natte periode een gelijkmatig potentiaalverhang zien. Het verval binnen het reservaat bedraagt in beide gevallen ongeveer 40 cm.

De stroming tijdens de natte periode komt aan de noordoostzijde het reservaat binnen en buigt vervolgens af in zuidelijke richting. Op 18 augustus is de stroming wat meer noord - zuid gericht. De Emminkhuizenberg heeft geen invloed op de stromingsrichting.

In een rapport van het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening

(Meinardi, 1976) staan de isohypsen van het tweede pakket voor 24 april 1974 getekend. Hiervan is een gedeelte afgebeeld in figuur 31. De 6m isohypse loopt door het reservaat. De stroming van het grondwater ter hoogte van het reservaat is hier iets meer oost-west gericht. Verder is op dit kaartje duidelijk te zien dat de Emminkhuizerberg niet, maar de Utrechtse Heuvelrug wel het isohypsenpatroon beïnvloedt. Tussen de heuvelrug en het reservaat ligt het Valleikanaal, dat vanaf Veenendaal in noordwestelijke richting loopt. Dit kanaal lijkt ook de loop van de isohypsen te beïnvloeden.

6.7. Potentiaalverschillen

Door van eenzelfde datum voor een groot aantal plekken de stijghoogte van het diepe en van het freatische grondwater van elkaar af te trekken kan een potentiaalverschillenkaart worden samengesteld. Een positief verschil duidt hierbij op een potentiële kwel, terwijl een negatief verschil een potentiële infiltratie indiceert. De grootte van de kwel of infiltratie is afhankelijk van het potentiaalverschil en van de weerstand van de scheidende laag.

Er zijn twee potentiaalverschillenkaarten gemaakt, een voor een droge en een voor een natte periode (figuur 32 en 33). Hiervoor zijn de isohypsenkaarten van respectievelijk 18 augustus en 24 november 1986 gebruikt.

In beide figuren zijn de potentiaalverschillen in het hele reservaat positief. Dit duidt erop, dat in het reservaat het hele jaar diepe kwel optreedt.

Tijdens de droge periode laat de potentiaalverschillenkaart een interessant beeld zien. De meest waardevolle vegetaties in het reservaat liggen juist daar waar het potentiaalverschil het grootst is.

Gedeeltelijk komt deze plek ook overeen met de pingo restant.

Het potentiaalverschil bedraagt er meer dan 50 cm en neemt in alle richtingen, maar vooral naar het zuiden af. Aan de zuidgrens van het reservaat bedraagt het potentiaalverschil slechts 20 cm, wat waarschijnlijk samenhangt met de verspreiding van de Eemklei. Volgens de geohydrologische beschrijving in hoofdstuk 3 wigt de Eemklei in zuidelijke richting uit.

De potentiaalverschillenkaart van de natte periode laat een heel ander beeld zien. Afgezien van de sloten die een laag peil hebben en de directe omgeving daarvan is het potentiaalverschil bij perceel 3 het grootst. Verder is het effect van de opbolling van het freatisch grondwater duidelijk terug te vinden in dit figuur. Voor perceel 4 resulteert dat in een plek waar het potentiaalverschil erg klein is.

In hoofdstuk 3 is een globale weerstand van de Eemklei berekend op grond van een verticale doorlatendheid van $5 \cdot 10^{-3}$ m/etm. Gemiddeld komt dit neer op een weerstand van 250 etmalen. Voor perceel 3 betekent dat, dat bij een potentiaalverschil dat ligt tussen de 50 en de 70 cm, de kwel 2,0 tot 2,8 mm/etm bedraagt. In de rest van het reservaat is dat minder.

In een volgende deelnota komen de resultaten van modelberekeningen ter sprake en wordt hier uitgebreid op teruggekomen.

Bij buis A werd op een diepte van 35 een 2 meter dikke kleilaag aangetroffen. In hoofdstuk 3 werd aangenomen, dat deze laag waarschijnlijk niet tot de tweede scheidende laag behoorde. Meer naar het westen is deze laag niet aangetroffen. De scheidende werking van deze laag blijkt bij A in ieder geval erg klein. In het tijd-stijghoogtediagram dat in figuur 34 is afgebeeld is te zien, dat de stijghoogte van het grondwater boven (A B2) en onder (A B1) deze laag weinig van elkaar verschilt. Alleen in de maanden juni en juli van 1986 neemt de potentiaal in A B2 sterker af dan in A B1. In deze maanden daalde de potentiaal in alle filters snel en werden de laagste waarden gemeten van de gehele meetperiode '86 - '87.

In figuur 34 zijn ter illustratie ook de tijd-stijghoogtelijnen van het bovenste filter van buis A (A B3) en van een nabij gelegen ondiepe peilbuis (5 B1) opgenomen. Beide filters bevinden zich boven de Eemklei. Het potentiaalverschil boven en onder deze kleilaag is al ter sprake gekomen. Het stijghoogteverschil tussen A B3 en 5 B1 is weliswaar klein, maar duidt op een overwegend opwaartse stroming. Het filter van buis A B3 bevindt zich op een diepte van 7-8 m beneden het maaiveld. Tussen de beide filters ligt een leem- en venige kleilaag met een dikte van bijna 2 meter. Doordat deze laag een zekere weerstand heeft zijn de fluctuaties van het freatische grondwater zoals die bij buis 5 zijn waargenomen in buis A B3 duidelijk minder sterk. Bij hoge grondwaterstanden is er tussen de stijghoogte van het grond-

water in de buizen met een lengte van circa 1.5 m en de buizen die in hetzelfde boorgat staan en een lengte van ongeveer 0.5 m hebben in een aantal gevallen vrij regelmatig een verschil van meerdere centimeters geconstateerd. Meestal gebeurde dat na een periode met veel neerslag, waarbij het stijghoogteverschil op een neerwaartse stroming duidde. Zodra er water in de korte buis bij plek 8 staat, bedraagt het potentiaalverschil met de stijghoogte in de langere buis vrijwel altijd ruim 10 cm. Blijkbaar is hier een dichte laag tussen de beide filters aanwezig. Het diepste filter staat in de zandondergrond.

6.8. De ontwateringsdiepte op 1 april

Uit de isohypsenkaart van van het freatisch grondwater en de hoogtelijnenkaart kan voor ieder punt de ontwateringsdiepte worden bepaald. Dit is voor de situatie op 1 april 1986 voor een groot aantal punten punten gedaan en aan de hand daarvan is figuur 35 samengesteld. Gekozen is voor 1 april 1986, omdat de ontwateringsdiepte in het vroege voorjaar een belangrijke milieufactor is. Hier hangen ondermeer de bodemtemperatuur, de mate van aerobie en mineralisatie mee samen die op hun beurt weer gevolgen hebben voor bij voorbeeld de kieming en de groei van planten. Voor 1 april 1987 zou een soortgelijk figuur kunnen worden getekend, alleen met dat verschil, dat de ontwateringsdiepte middenop de percelen ongeveer 10 cm groter zou zijn. Bij perceel 1 heeft het gedeelte rond de kleine poel een geringe ontwateringsdiepte. Behalve naar het zuiden neemt de diepte toe tot meer dan 0,5 m.

Het verhang van het freatisch grondwater is bij perceel 2 klein. De ontwateringsdiepte hangt hier samen met de maaiveldshoogte. Een groot gedeelte van de oostelijke helft van dit perceel is geïnnundeerd. In het uiterste oosten en westen van dit perceel is de drooglegging het grootst.

De wat hogere maaiveldsligging en het vrij lage slootpeil aan de oost-, zuid- en westzijde van perceel 3 hebben een grote invloed op de ontwateringsdiepte van deze strook. Ook de vier plagplekken aan de westzijde, waarop vier verschillende vegetatie-typen groeien, zijn diep ontwaterd.

De voormalige sloot langs de spoorbaan en het lage middengedeelte van dit perceel zijn geïnundeerd.

In het grootste gedeelte van het zuidelijkste perceel varieert de ontwateringsdiepte op 1 april tussen de 0 en de 20 cm beneden maaiveld. Alleen langs de afwateringssloten die langs de zuidelijke en de noord-oostelijke perceelsscheiding lopen komt een grotere ontwateringsdiepte voor. Opvallend is, dat op de plek in het noordoosten van dit perceel de ontwateringsdiepte meer dan 0,4 m bedraagt. Juist hier vindt laatste jaren een snelle ontwikkeling van een waardevolle vegetatie plaats.

7. LITERATUUR

- BEUVING, J., 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden. Rapport 10, ICW. Wageningen.
- BOELS, J., J.B.H.M. VAN GILS, G.J. VEERMAN and K.E. WIT., 1978. Theory and system of automatic determination of soil moisture characteristics and unsaturated hydraulic conductivities. Soil Science, volume 126-4. pag.191-199.
- BOHEEMEN, P.J.M. VAN, 1985. Ontwikkeling in de toepassing van berekening en bevoeiing tot 1983. Nota 1629. ICW, Wageningen. 54p.
- HOUTMAN, H., 1985. Grondwaterkaart van Nederland. Blad 32 Oost. Dienst Grondwaterverkenning-TNO, Rapport GWK 37, Delft-Oosterwolde.
- JANSEN, P.C. en R.H. KEMMERS, 1980. Relaties tussen hydrologische parameters en enkele vegetatie-typen in het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. Nota ICW 1228. 21p.
- JANSEN, P.C., 1981. Verwerking, interpretatie en toepassingsmogelijkheden van grondwaterstandsgegevens met behulp van overschrijdingsduurlijnen. Nota 1260. ICW, Wageningen. 27p.
- JANSEN, P.C. en R.H. KEMMERS, 1982. Aanvullingen betreffende de hydrologie van het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. Nota ICW 1373. 29p.
- KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN, 1980. De invloed van chemische factoren in grondwater en bodem op enkele vegetatie-typen van het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. Nota ICW 1881. 37p.
- KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN, 1982. Redoxpotentialen en calcium in relatie tot de stikstof- en de fosfaathuishouding in de schraalgraslandjes van het CRM-reservaat 'Groot Zandbrink'. Nota ICW 1330. 47p.
- MEINARDI, C.R., C. VAN DE AKKER, C.J. DEKKER, G.J. HEIJ en J.W. KIEFT, 1976. Geohydrologische gegevens van Zuidelijk Flevoland en de Gelderse Vallei. Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening, Delft. 24p.
- PENMAN, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc.Roy.Soc. London, A193.

- PRIESTLEY, C.H.B. and R.J. TAYLOR, 1972. On the assesment of surface flux and evaporation using large scale parameters. Monthly Weather Review. 100, 81-92.
- REINDS, G.H., 1986. Beregenings- en bevoeiingsmogelijkheden in 1985. Nota 1727. ICW, Wageningen. 48p.
- RIJTEMA, P.E., 1969. Soil moisture forecasting. Nota 513. ICW, Wageningen
- STAATSBOSBEHEER, 1982. Beheersplan Meeuwenkampje voor de periode 1982-1992. Staatsbosbeheer, Utrecht. 39p.
- STIBOKA, 1965. Bodemkaart van Nederland. Blad 32 Oost. Stiboka, Wageningen
- STIBOKA, 1967. Geomorfologische kaart van Nederland. Blad 32 Oost. Stiboka, Wageningen.
- WÖSTEN, J.H.M., M.H. BANNINK en J. BEUVING, 1986. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. Rapport 18. ICW, Wageningen.

BIJLAGE 1

Boring A (ICW-code: L-91)diepte (m-mv)

0.0 - 0.3	bouwvoor
0.4 - 1.3	bruin zand
1.3 - 2.0	grijs zand
2.0 - 3.3	bruin/grijs zand met wat steentjes
3.3 - 4.5	bruin/grijs leem
4.5 - 5.5	taaie venige klei
5.5 - 7.0	bruin/grijs zand
7.0 - 10.0	grijs zand
10.0 - 10.5	bruin veen
10.5 - 12.0	bruin zand met veenlaagjes
12.0 - 13.0	bruin zand
13.0 - 14.4	bruin veen
14.4 - 15.2	harde groene klei, iets weinig
15.2 - 16.0	harde blauwe klei
16.0 - 20.0	bruin/grijs zand
20.0 - 35.0	grijs zand, vanaf 29m wat slibhoudend
35.0 - 37.0	slappe, grijze klei
37.0 - 40.0	grijs zand

Boring B (ICW-code: L-92)

0.0 - 1.0	geelbruin zand
1.0 - 2.0	grijs/bruin zand met enkele veenlaagjes
2.0 - 4.0	bruin/grijs zand met enkele steentjes
4.0 - 5.0	grijs/bruin slibhoudend zand
5.0 - 8.5	grijs zand
8.5 - 10.5	venige klei
10.5 - 12.5	bruin zand
12.5 - 13.0	veen
13.0 - 14.0	bruin zand
14.0 - 14.6	groene klei
14.6 - 15.0	grijs/blauwe klei
15.0 - 36.0	grijs zand

Boring C (ICW-code: L-93)

0.0 - 0.5	bruin/geel zand
0.5 - 1.0	veen
1.0 - 5.0	bruin/grijs zand
5.0 - 7.0	grijs zand met veel grint
7.0 - 8.0	bruin zand
8.0 - 11.8	bruin/grijs zand
11.8 - 12.8	groene klei
12.8 - 17.5	grijs zand
17.5 - 18.0	fijn, slibhoudend zand
18.0 - 19.5	grijze klei
19.5 - 22.0	grijs grintzand

Boring D (ICW-code: L-94)

0.0 - 0.4	bruin/grijs zand
0.4 - 0.8	veen
0.8 - 4.5	bruin/grijs zand
4.5 - 7.0	bruin/grijze klei
7.0 - 11.0	bruin zand
11.0 - 12.5	groene klei
12.5 - 15.0	grijs zand
15.0 - 18.0	bruin/grijs zand
18.0 - 20.0	grijs zand

FIGUURONDERSCHRIFTEN

- Figuur 1. Overzichtskaartje van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' nabij Veenendaal
- Figuur 2. Blokdiagram van de geschematiseerde geohydrologische opbouw van de ondergrond in de omgeving van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- Figuur 3. Geohydrologische opbouw van de omgeving van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- Figuur 4. Overzicht van het Kwartair (naar Zagwijn en Van Staalduinen, 1975)
- Figuur 5. Hoogtelijnenkaart van de omgeving van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- Figuur 6. Hoogtelijnenkaart van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'.
- Figuur 7. Gedetailleerde hoogtelijnenkaart van perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- Figuur 8. Hoogteligging in meters + N.A.P. van de zandondergrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- Figuur 9. Dikte van de laag boven de (humusarme) zandondergrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- Figuur 10. Doorsnede van de bodem van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'. Voor de ligging van de doorsneden zie fig 11
- A. Perceel 1
 - B. Perceel 2 en 3
- Figuur 11. Situering van de dwarsdoorsneden van figuur 10
- Figuur 12. Bodemfysische eigenschappen van de humeuze zandbovengrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
 - B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)
- Figuur 13. Bodemfysische eigenschappen van de humusarme zandondergrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'
- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
 - B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)

Figuur 14. Bodemfysische eigenschappen van de wortelzone in veraard veen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)

Figuur 15. Bodemfysische eigenschappen van veraard veen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)

Figuur 16. Bodemfysische eigenschappen van niet veraard veen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ) van rietveen en veenmosveen
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k) van rietveen (1) en veenmosveen (2)

Figuur 17. Verandering van de gemiddelde stijghoogte per jaar van het grondwater in het tweede watervoerende pakket nabij het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' in de periode 1962 - 1984

Figuur 18. Verandering van de stijghoogte van het grondwater in het tweede watervoerende pakket nabij het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' in de periode 1962 - 1984

- A. Gemiddelden van het eerste kwartaal
- B. Gemiddelden van het tweede kwartaal
- C. Gemiddelden van het derde kwartaal
- D. Gemiddelden van het vierde kwartaal

Figuur 19. Gemiddelde grondwaterstand per zomer- en winterhalfjaar van gresbuis 4 (bij plek 10) in perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' gedurende de periode 1968 - 1987

Figuur 20. Overzicht van het hydrologisch meetnet in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 21. Tijd-stijghoogtelijnen van het freatisch grondwater in het midden van de percelen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

B. 1987

Figuur 22. Tijd-stijghoogtelijnen van het freatisch grondwater in perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

B. 1987

Figuur 23. Overschrijdingsduurlijnen van het freatisch grondwater van het groeiseizoen in het midden van de percelen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

B. 1987

Figuur 24. Overschrijdingsduurlijnen van het freatisch grondwater van het groeiseizoen in perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

B. 1987

Figuur 25. Isohypsen van het freatisch grondwater op 1 april 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 26. Isohypsen van het freatisch grondwater op 18 augustus 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 27. Isohypsen van het freatisch grondwater van de gemiddelde zomersituatie van 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 28. Dwarsdoorsnede (noord-zuid) met verschillende grondwaterniveaus door perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 29. Isohypsen van het diepe grondwater op 24 november 1988 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 30. Isohypsen van het diepe grondwater op 18 augustus 1988 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

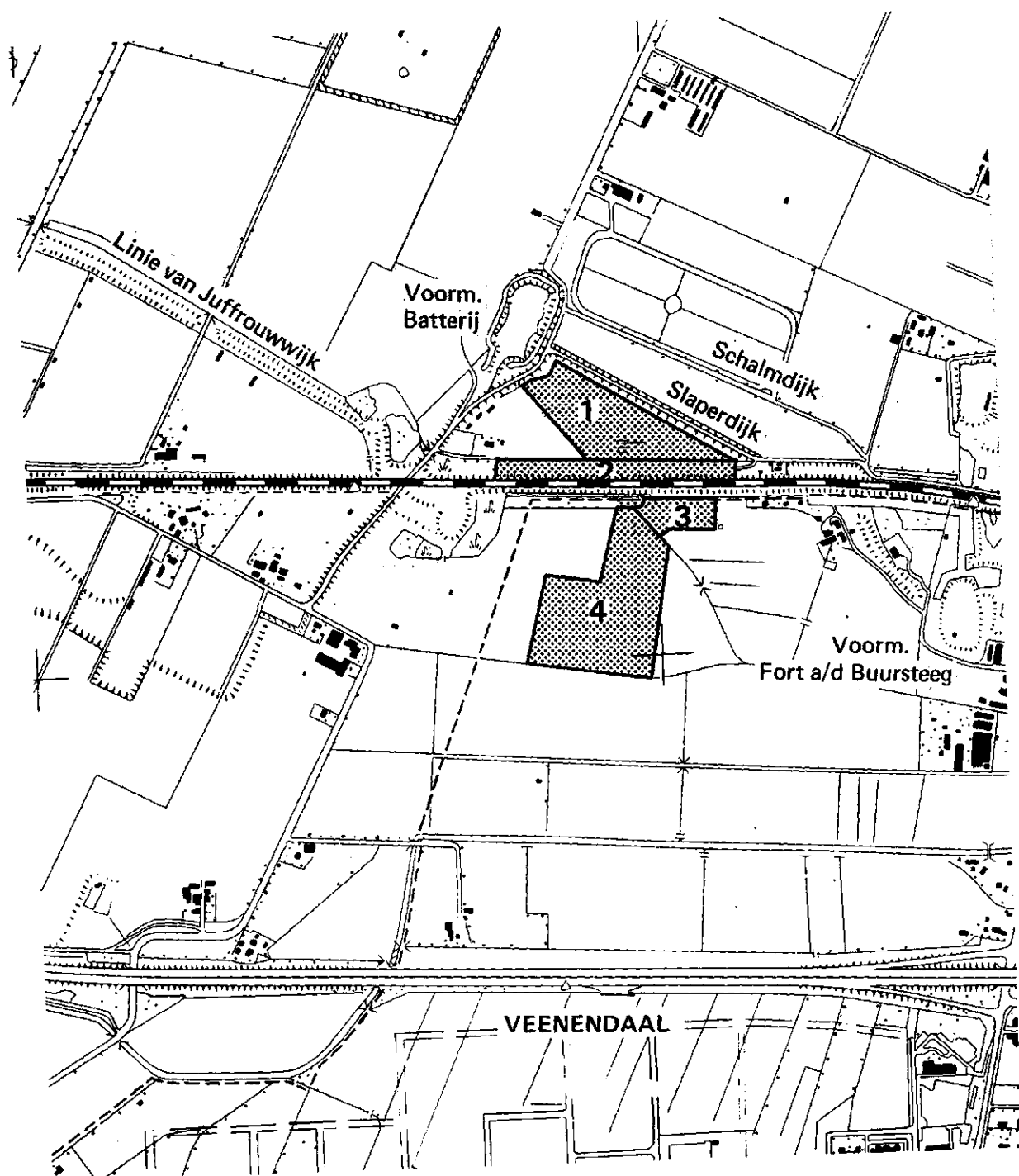
Figuur 31. Isohypsen van het diepe grondwater op 28 april 1974 in het zuidelijk gedeelte van de Gelderse Vallei (Meinardi, 1976)

Figuur 32. Potentiaalverschillen tussen de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket en het freatisch grondwater op 18 augustus 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

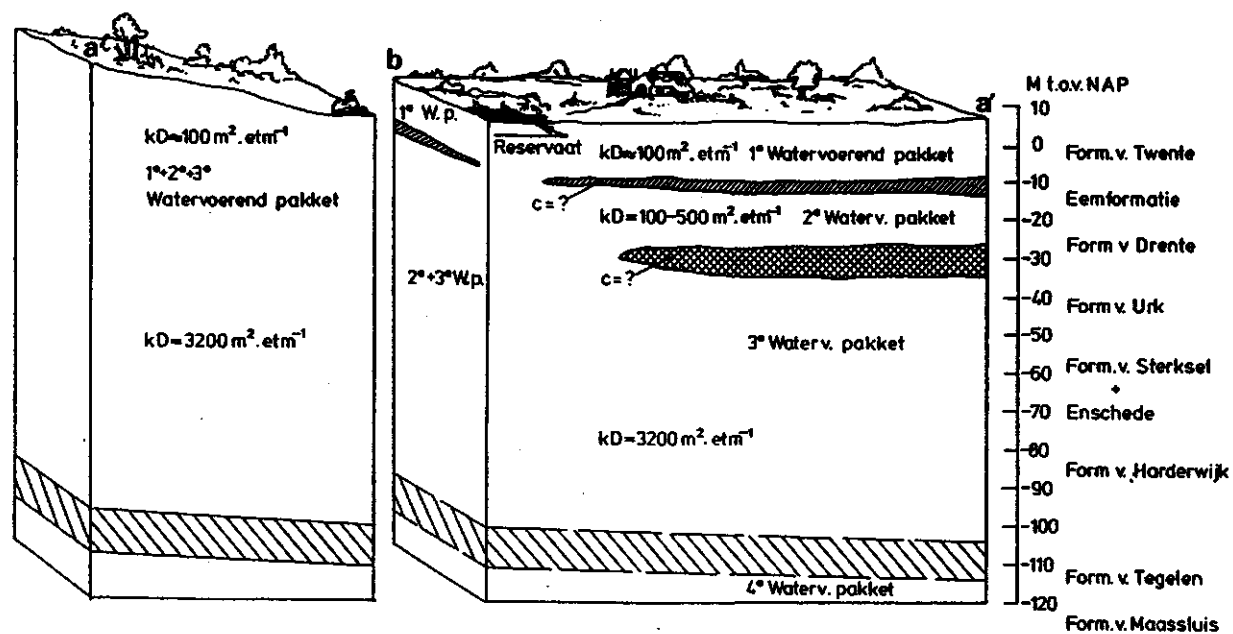
Figuur 33. Potentiaalverschillen tussen de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket en het freatisch grondwater op 24 november 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

Figuur 34. Tijd-stijghoogtelijnen van het diepe (A B1, A B2) en het ondiepe grondwater (A B3 en 5 B1) in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

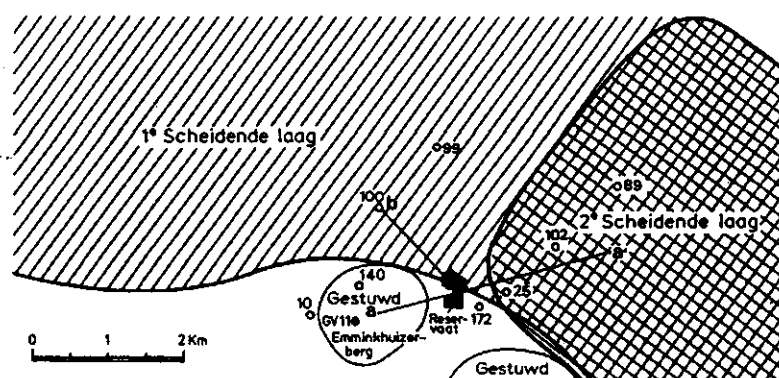
Figuur 35. Ontwateringsdiepte op 1 april 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



Figuur 1. Overzichtskaartje van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' nabij Veenendaal



Figuur 2. Blokdiagram van de geschematiseerde geohydrologische opbouw van de ondergrond in de omgeving van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



Figuur 3. Geohydrologische opbouw van de omgeving van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

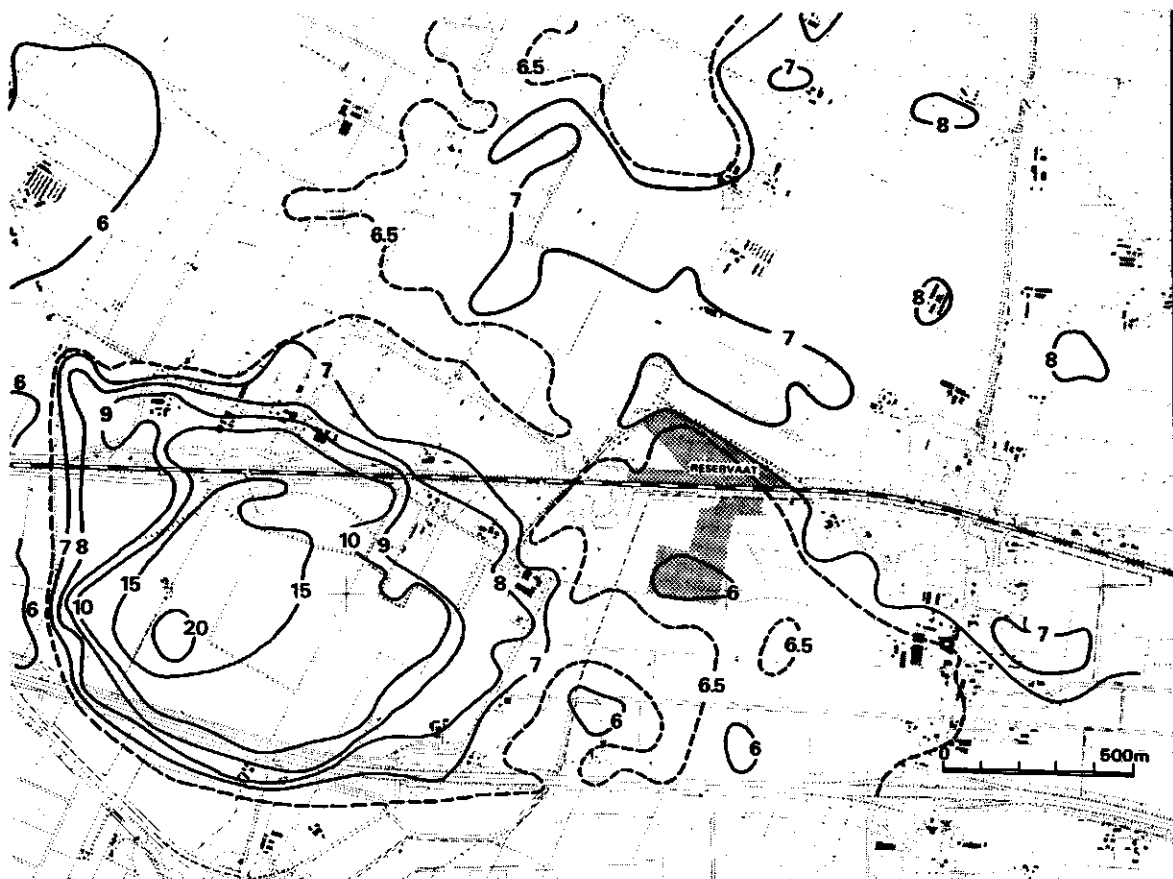
Chronostratigrafie			Afzettingen in verband met landijs		Afzettingen van lokale herkomst		Afzettingen van grote rivieren		Afzettingen in zee en bij de kust	
			N	Z	N	Z	N	Z	N	Z
KWARTAIR	HOLOCEN				Formatie van Kootwijk E Formatie van Singraven B Formatie van Griendaveen V		Beluwe Formatie R + M		Westland Formatie	
					Formatie van Twente E + V + P + B Formatie van Asten V		Formatie van Kreftenheye R + M		Eem Formatie	
	PLEISTOCEN	Boven								
		Midden								
		Onder								

Legenda

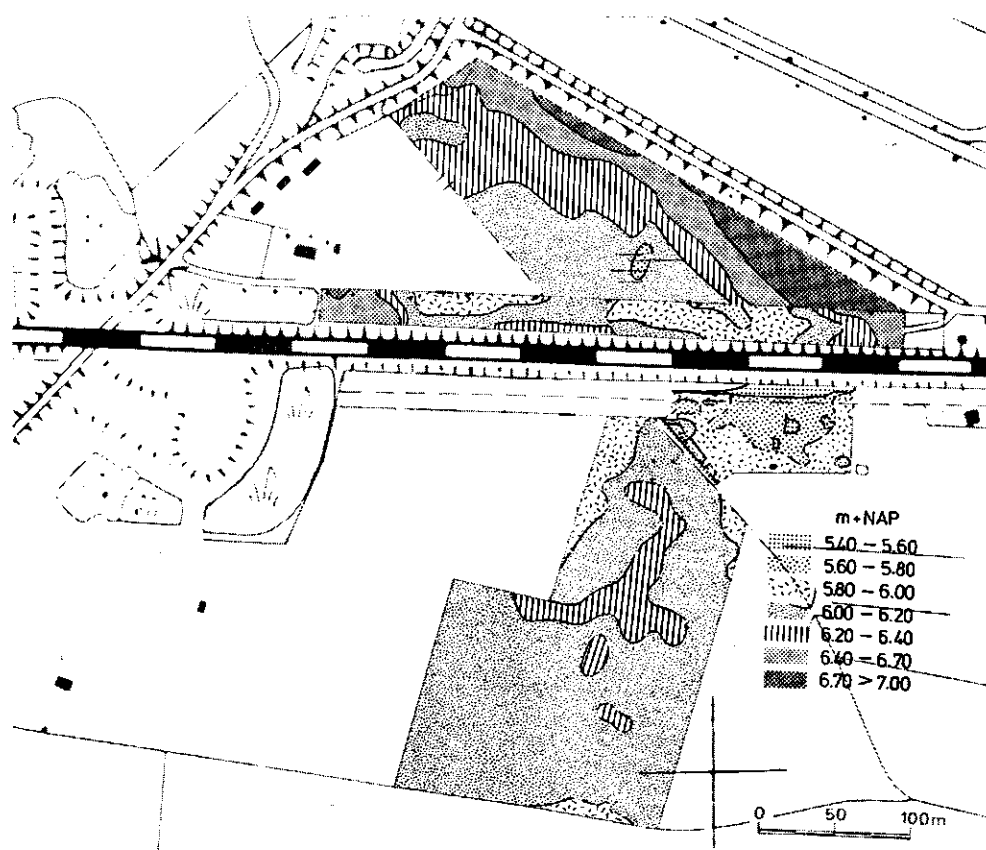
E = eolische afzettingen
 P = periglaciale afzettingen
 B = beekafzettingen
 V = veen
 R = Rijn
 M = Maas
 O = oostelijke noordduitse rivieren en voorlopers

* koude tijd
 ** complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme en 3 koude tijden
 ***nog onbenoemd, voorlopig bij Formatie van Urk

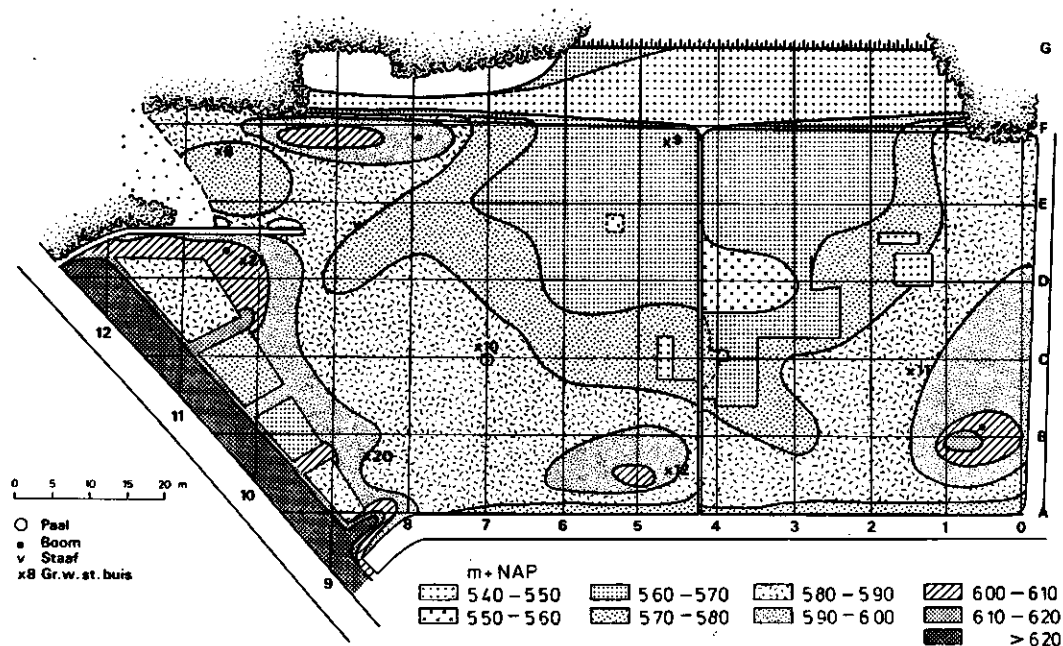
Figuur 4. Overzicht van het Kwartair (naar Zagwijn en Van Staaldunin, 1975)



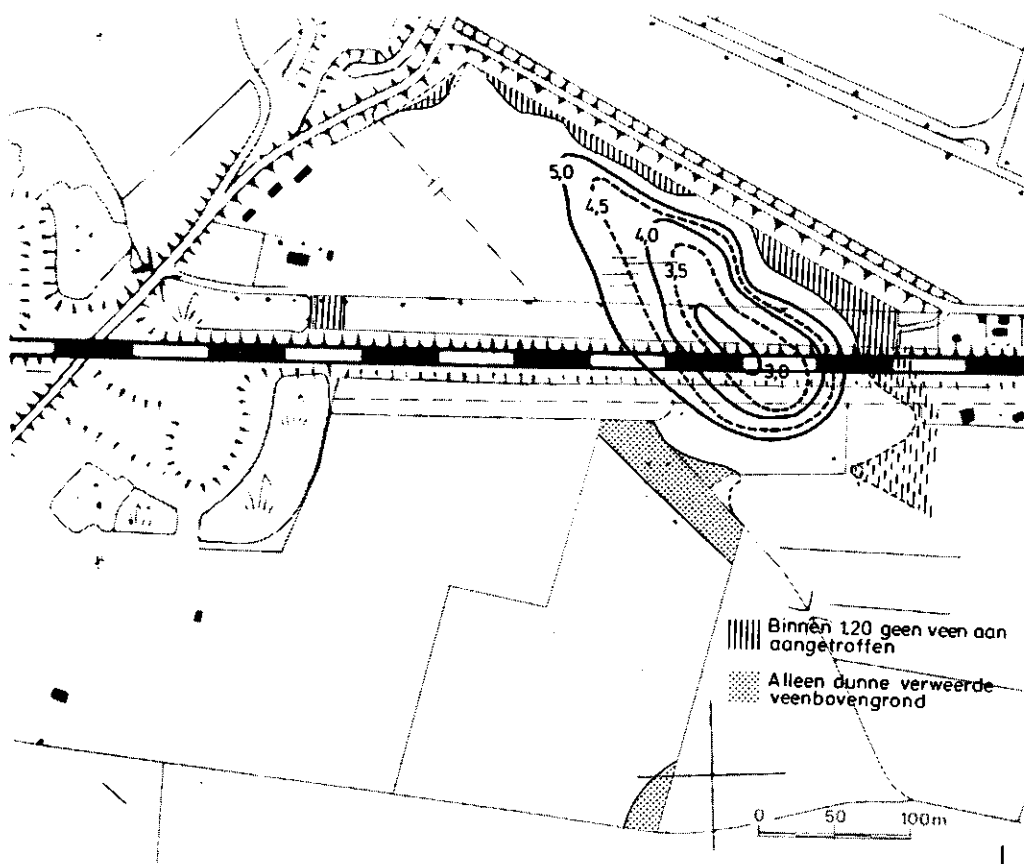
Figuur 5. Hoogtelijnenkaart van de omgeving van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



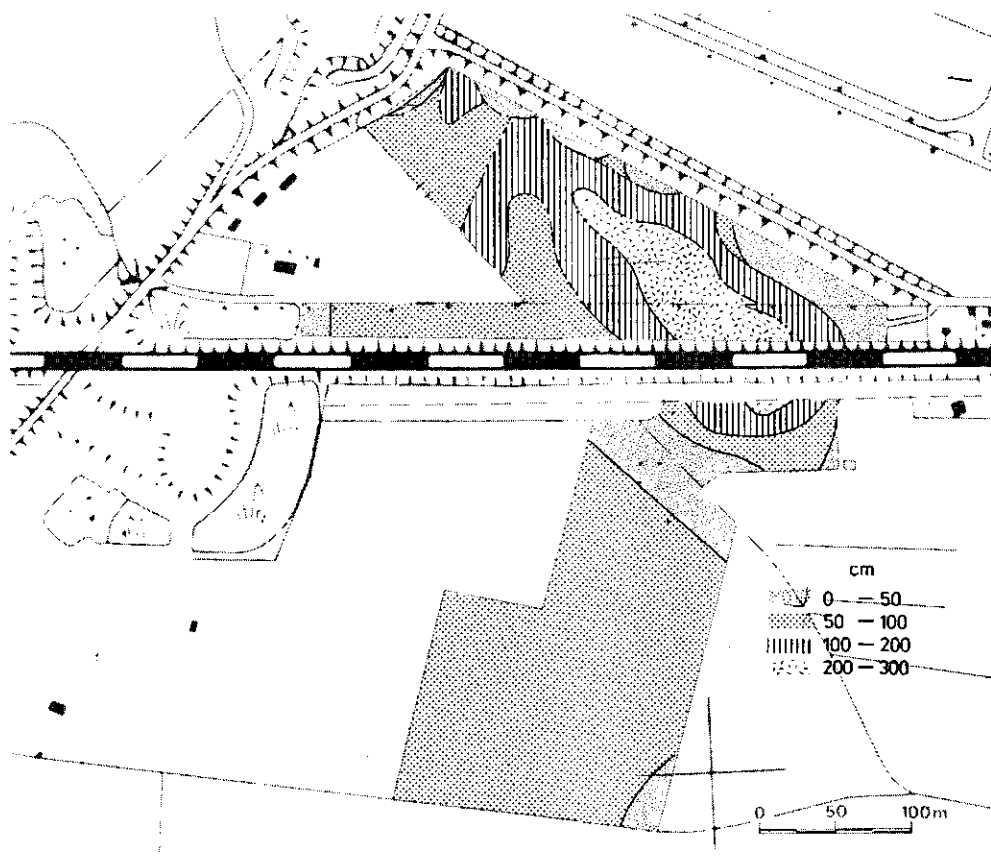
Figuur 6 Hoogtelijnenkaart van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



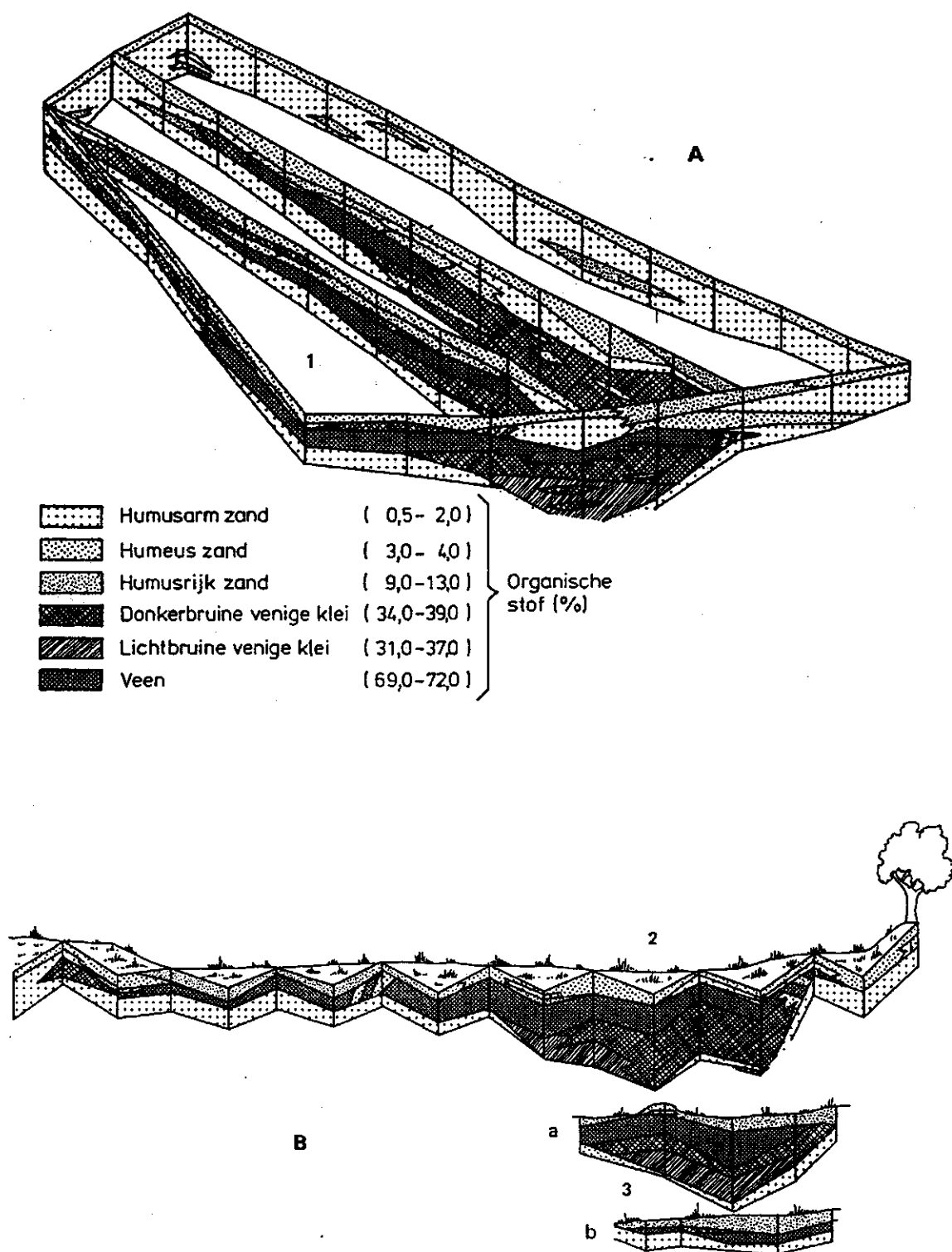
Figuur 7. Gedetailleerde hoogtelijnenkaart van perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



Figuur 8. Hoogteligging in meters + N.A.P. van de zandondergrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



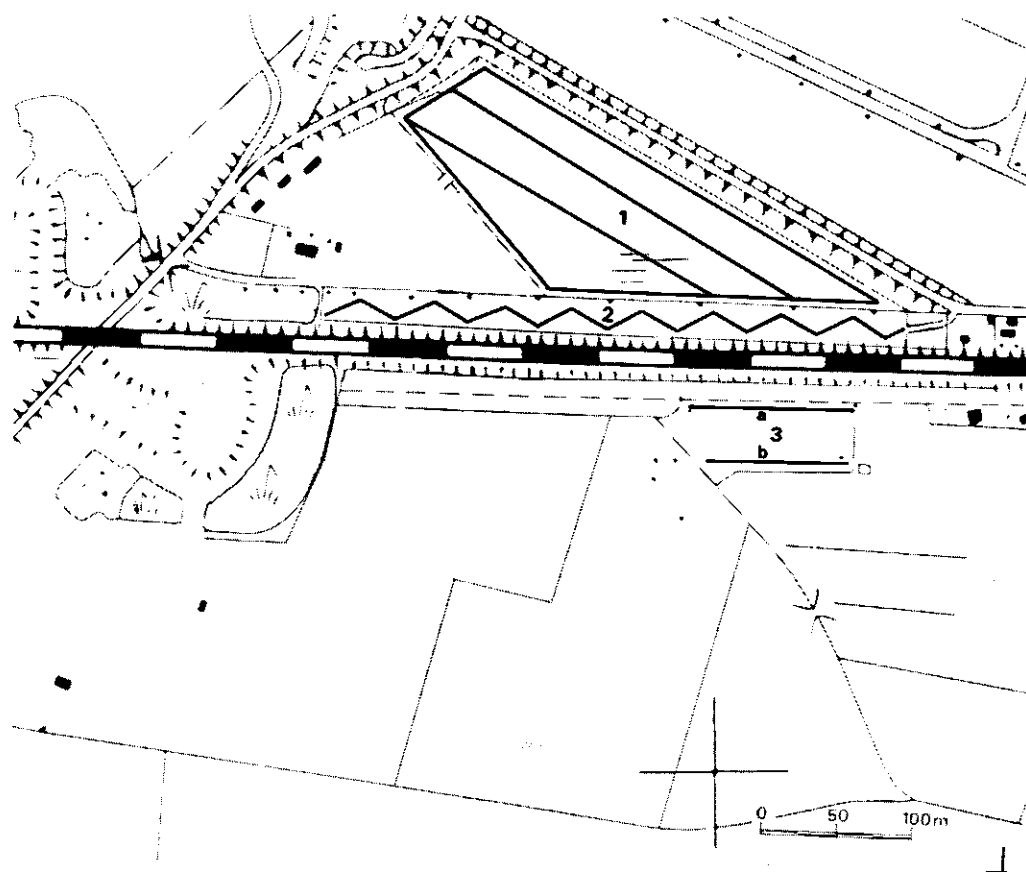
Figuur 9. Dikte van de laag boven de (humusarme) zandondergrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



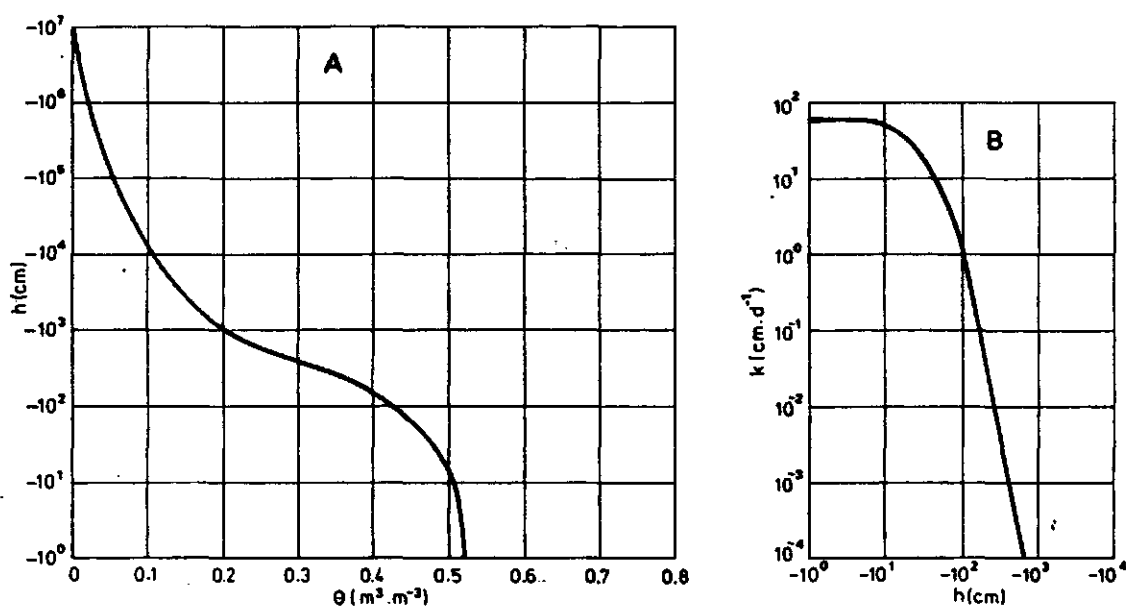
Figuur 10. Doorsnede van de bodem van het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'. Voor de ligging van de doorsneden zie fig 11.

A. Perceel 1

B. Perceel 2 en 3

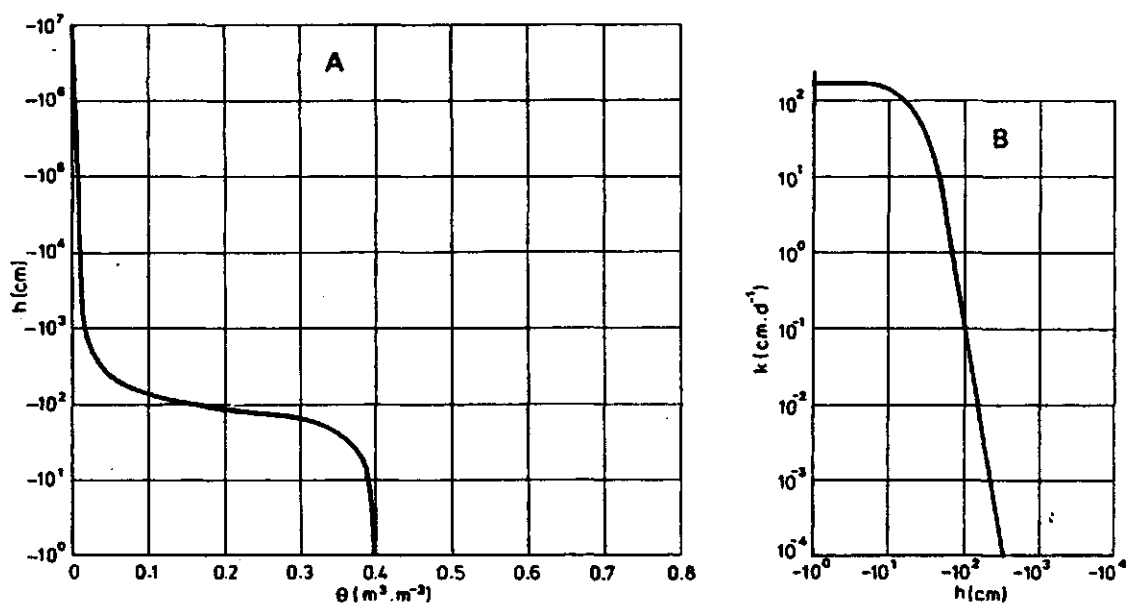


Figuur 11. Situering van de dwarsdoorsneden van figuur 10



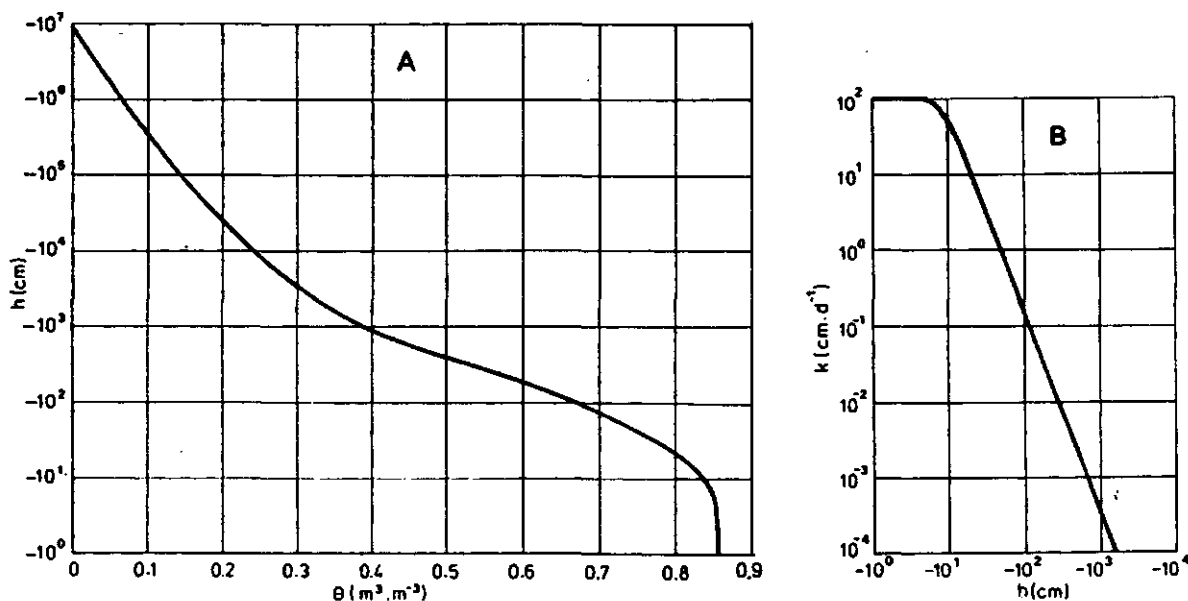
Figuur 12. Bodemfysische eigenschappen van de humeuze zandbovengrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)



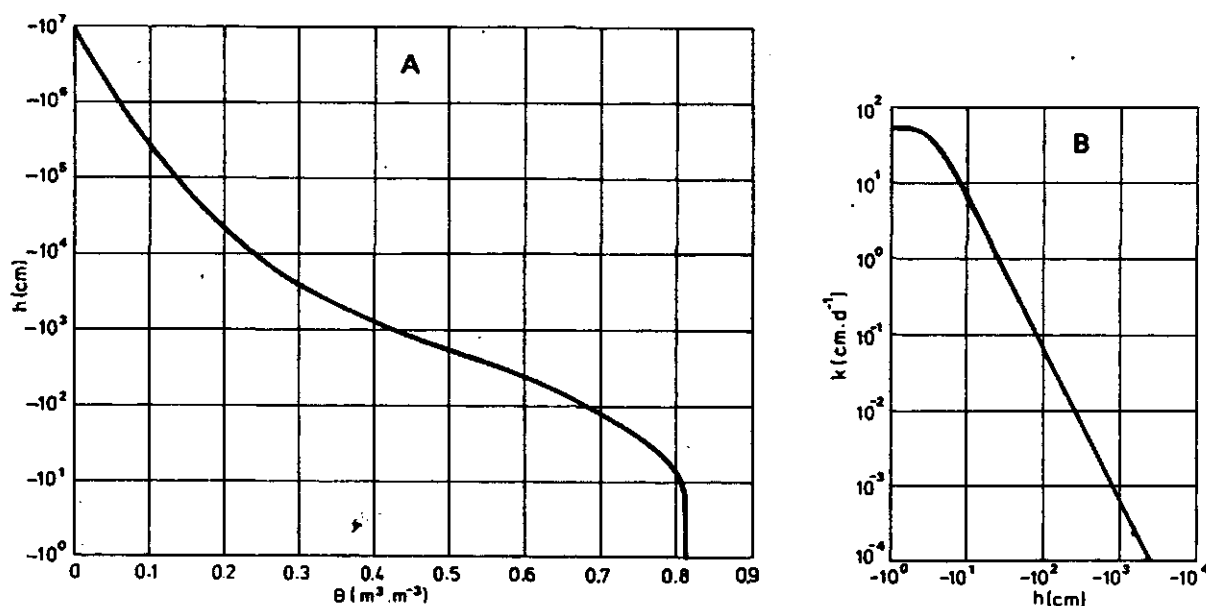
Figuur 13. Bodemfysische eigenschappen van de humusarme zandondergrond in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)



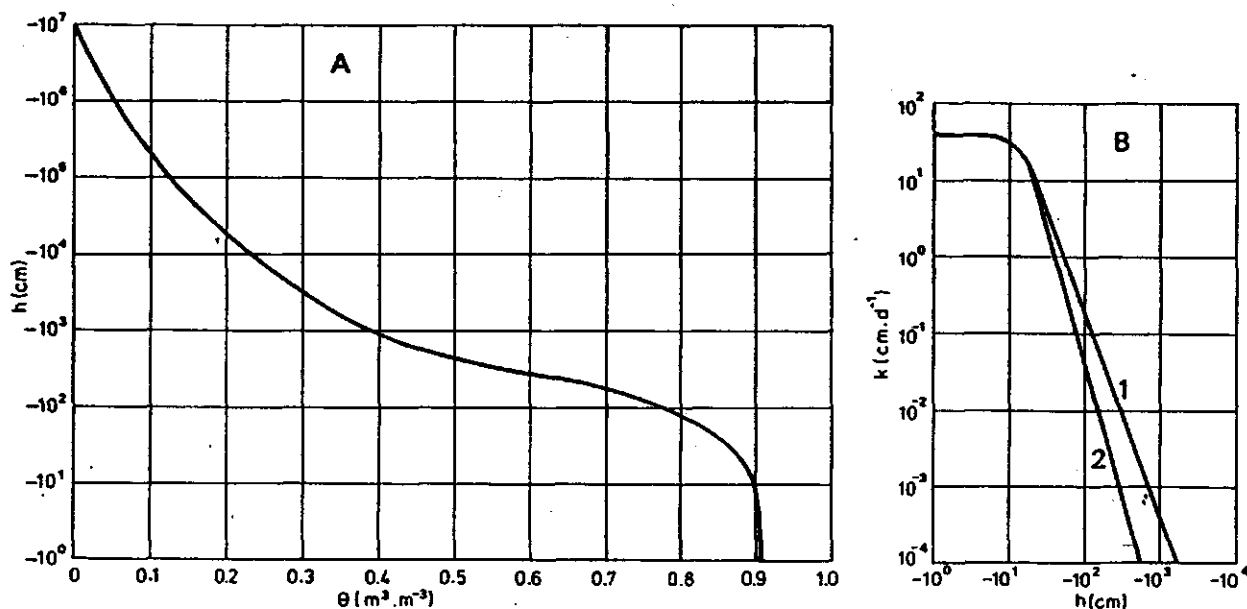
Figuur 14. Bodemfysische eigenschappen van de wortelzone in veraard veen in het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)



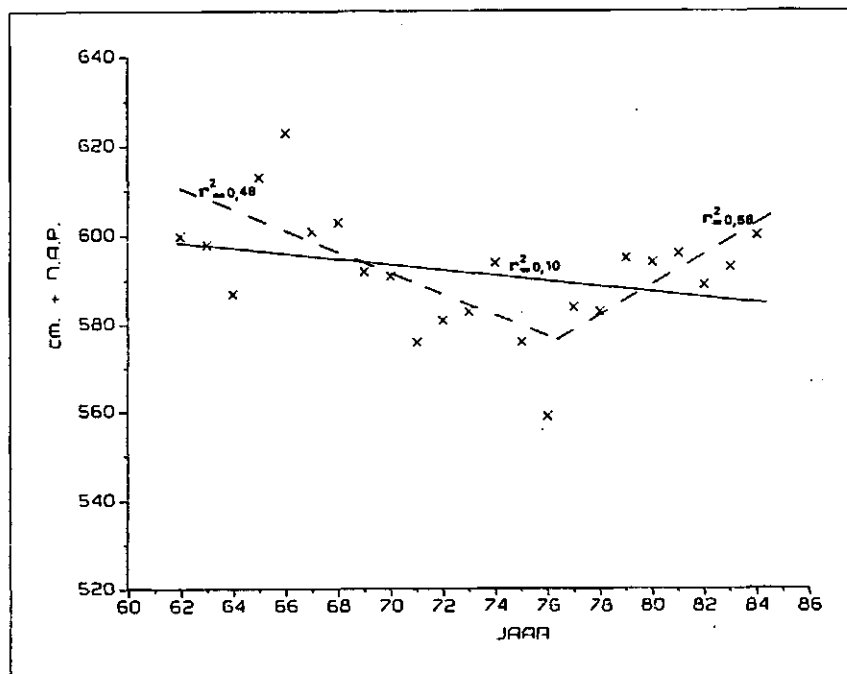
Figuur 15. Bodemfysische eigenschappen van veraard veen in het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ)
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k)

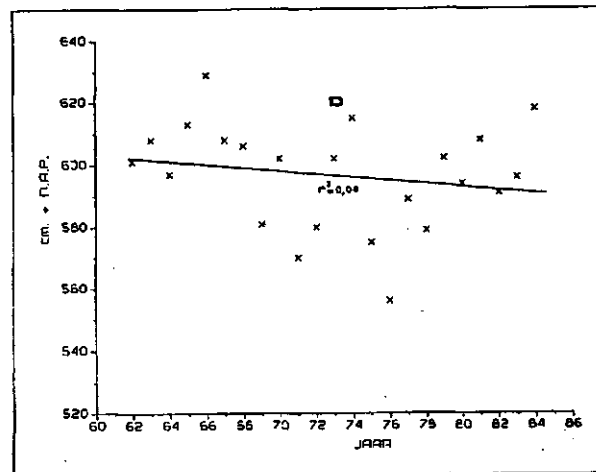
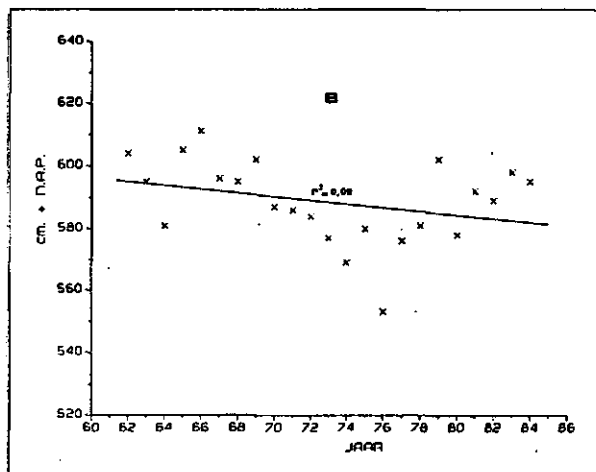
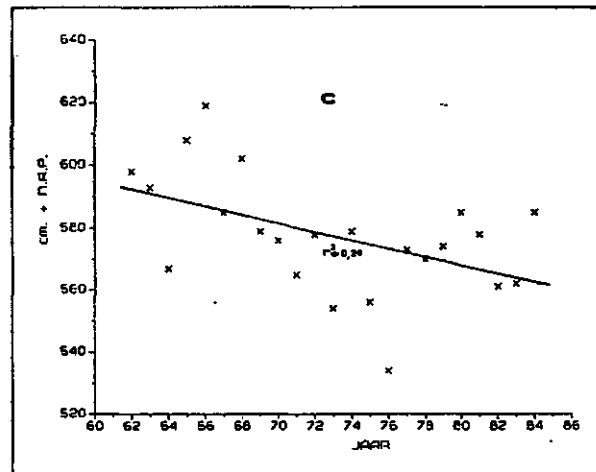
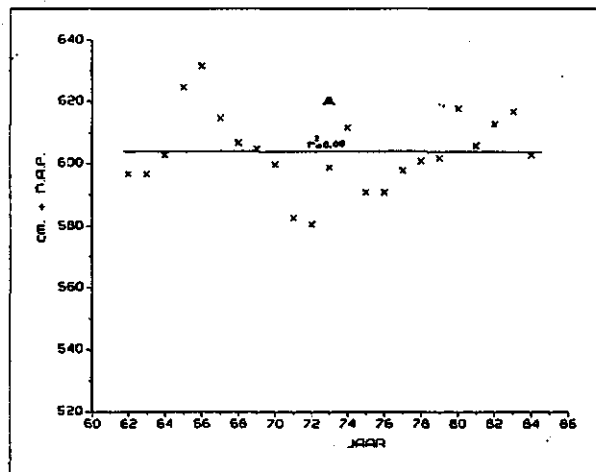


Figuur 16. Bodemfysische eigenschappen van nietveraard veen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

- A. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en het vochtgehalte (θ) van rietveen en veenmosveen
- B. Relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht (h) en de doorlatendheid (k) van rietveen (1) en veenmosveen (2)

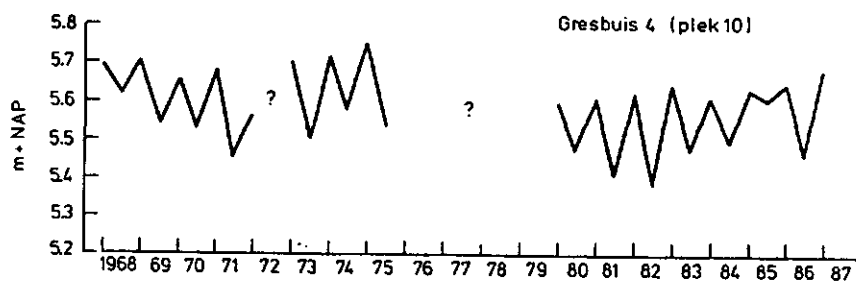


Figuur 17. Verandering van de gemiddelde stijghoogte per jaar van het grondwater in het tweede watervoerende pakket nabij het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' in de periode 1962 - 1984

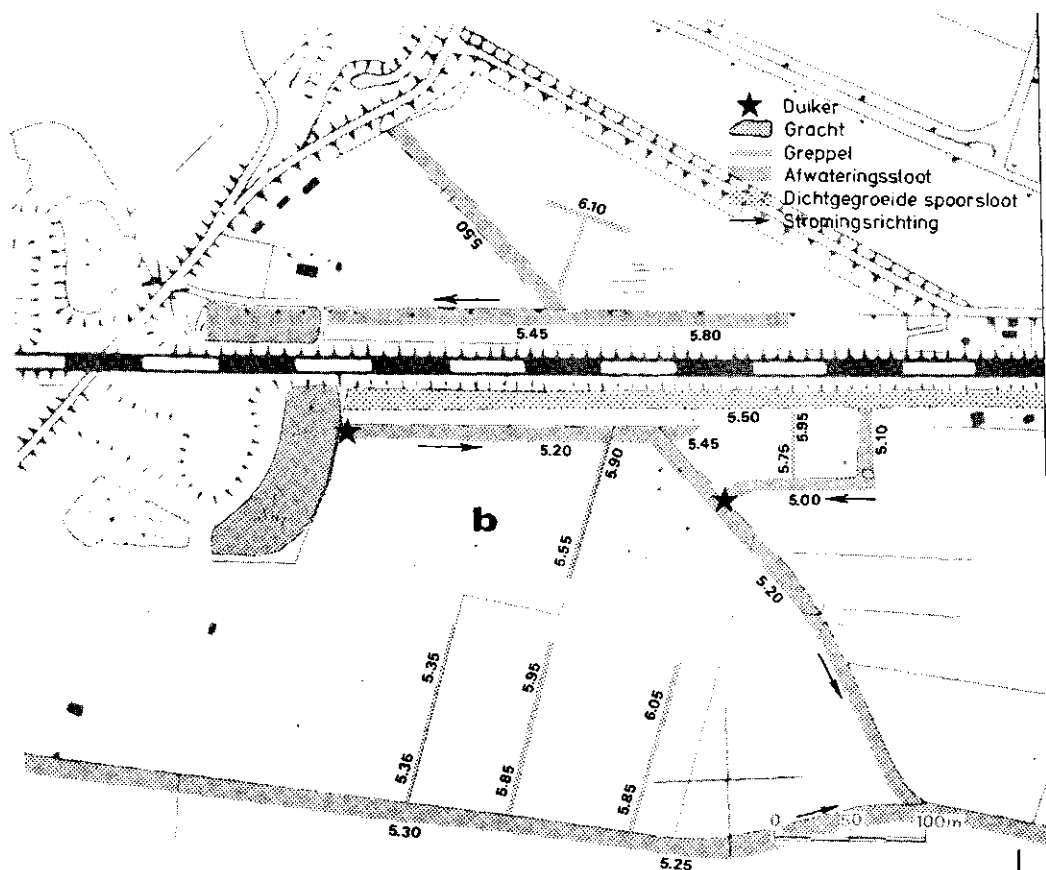
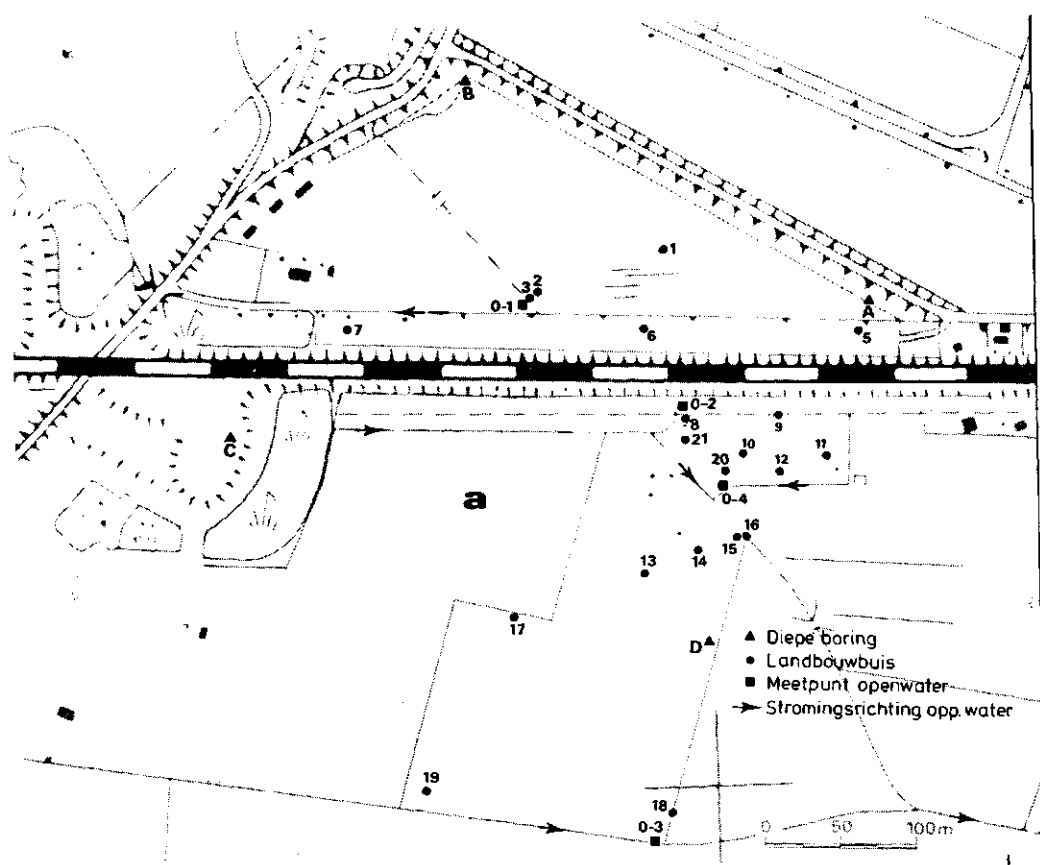


Figuur 18. Verandering van de stijghoogte van het grondwater in het tweede watervoerende pakket nabij het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' in de periode 1962 - 1984

- A. Gemiddelden van het eerste kwartaal
- B. Gemiddelden van het tweede kwartaal
- C. Gemiddelden van het derde kwartaal
- D. Gemiddelden van het vierde kwartaal



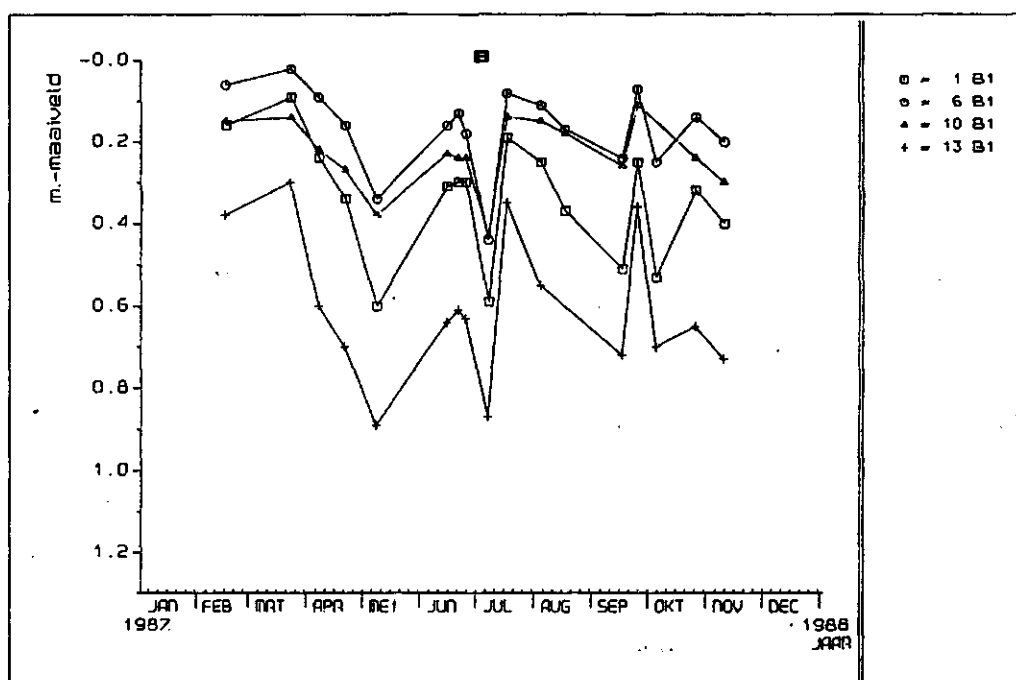
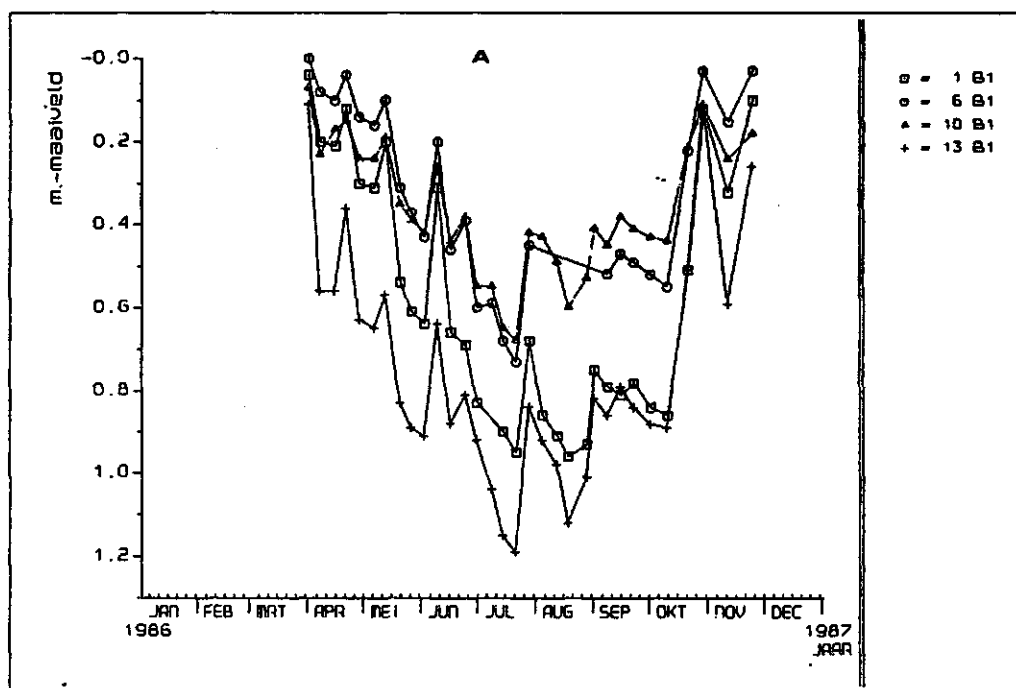
Figuur 19. Gemiddelde grondwaterstand per zomer- en winterhalfjaar van gresbuis 4 (bij plek 10) in perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje' gedurende de periode 1968 - 1987



Figuur 20. Overzicht van het hydrologisch meetnet in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

a meetpunten

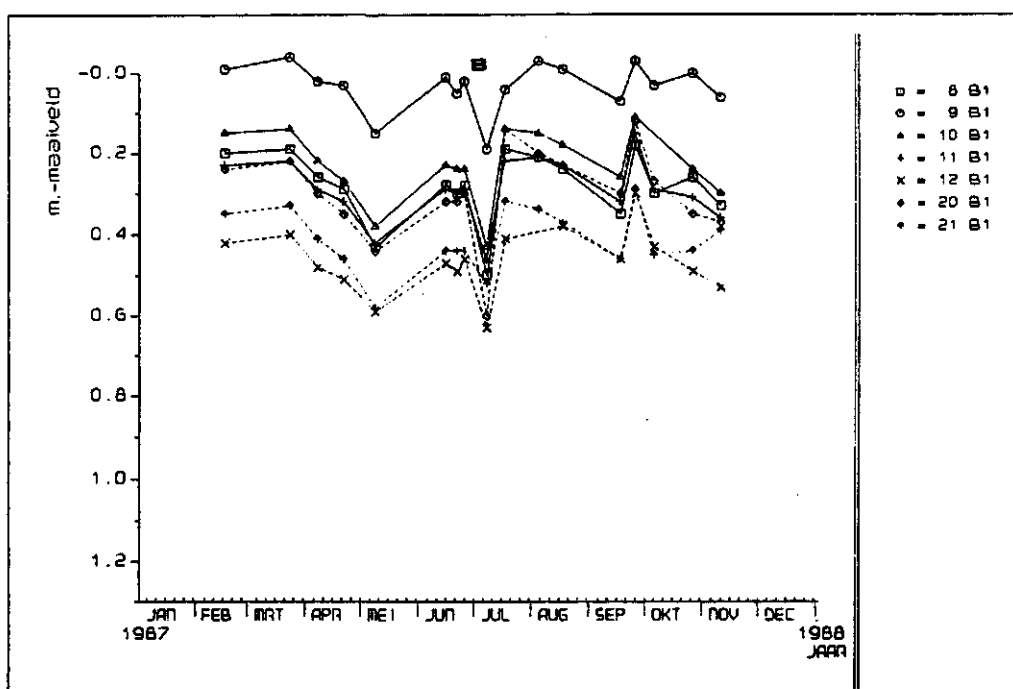
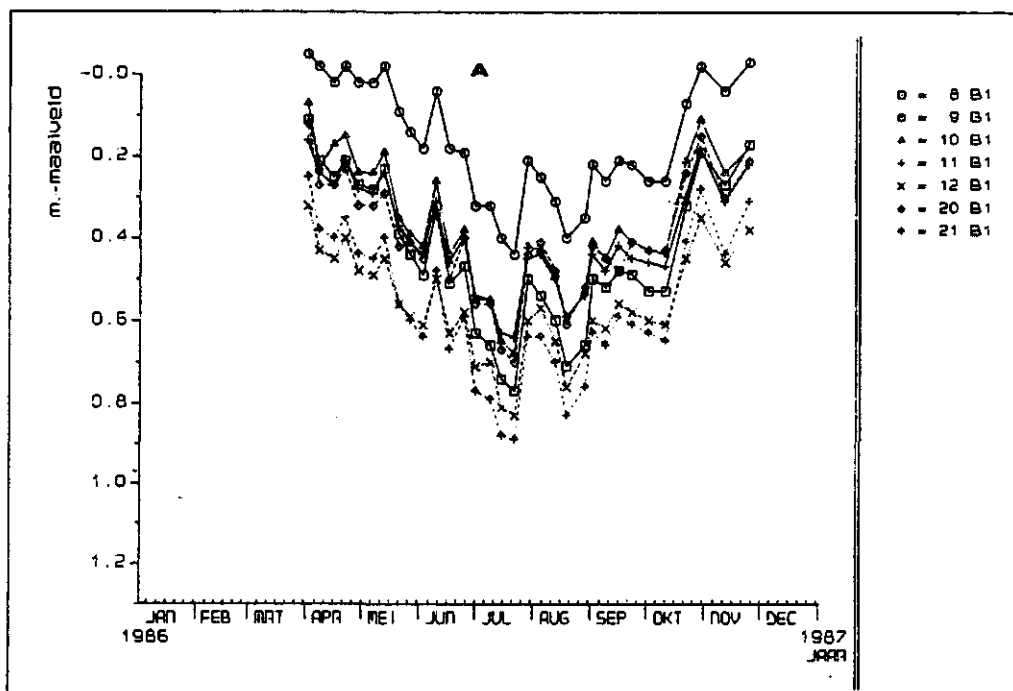
b hoogte van sloot- en greppelbodem (m + NAP)



Figuur 21. Tijd-stijghoogtelijnen van het freatisch grondwater in het midden van de percelen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

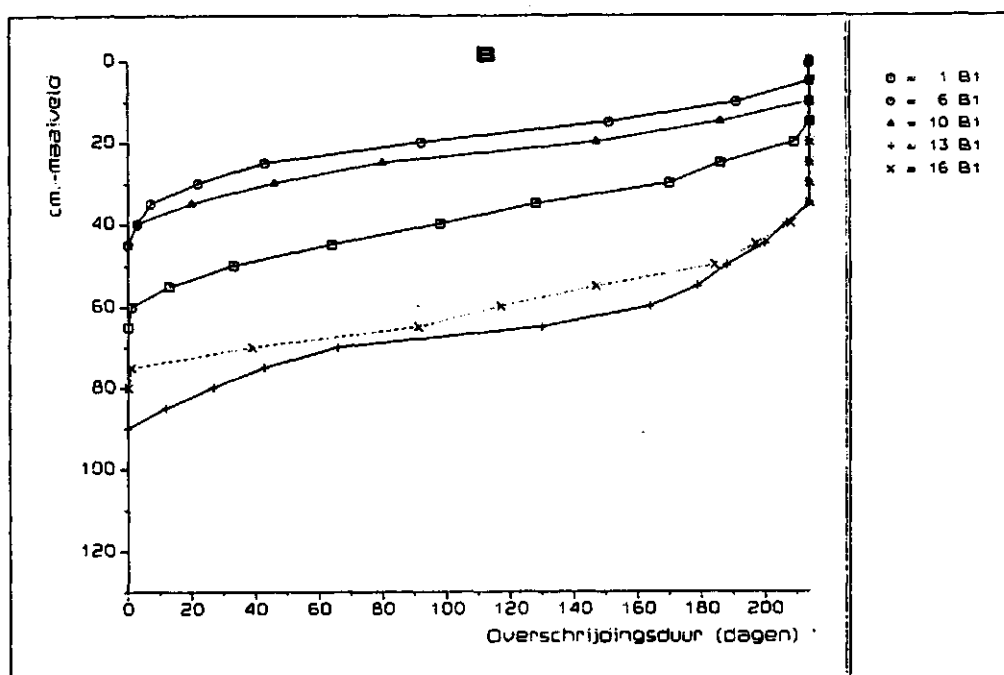
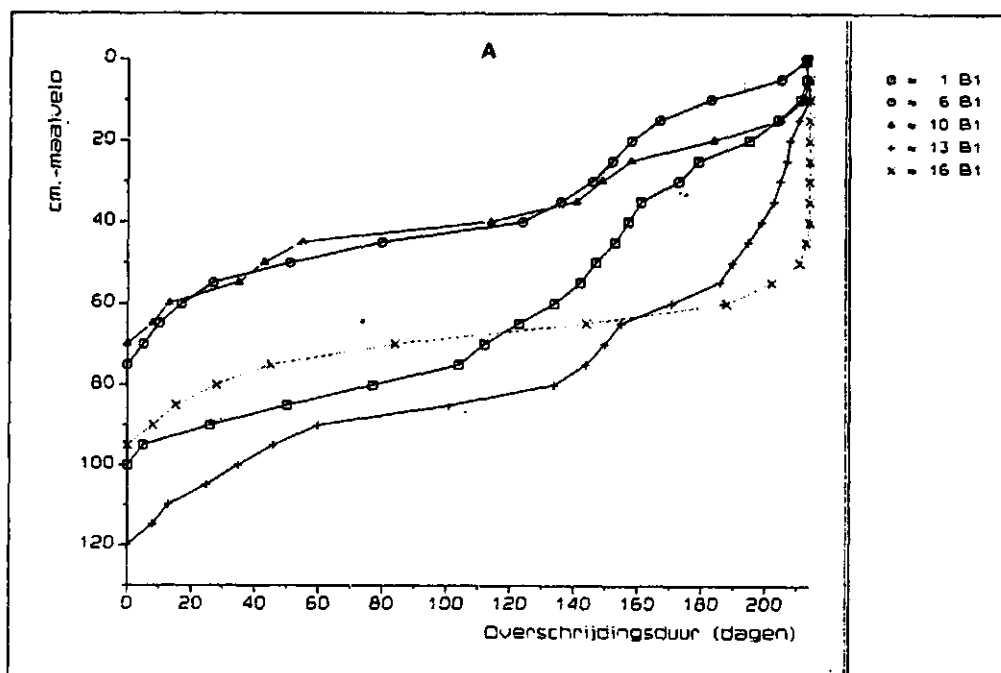
B. 1987



Figuur 22. Tijd-stijghoogtelijnen van het freatisch grondwater in perceel 3 van het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

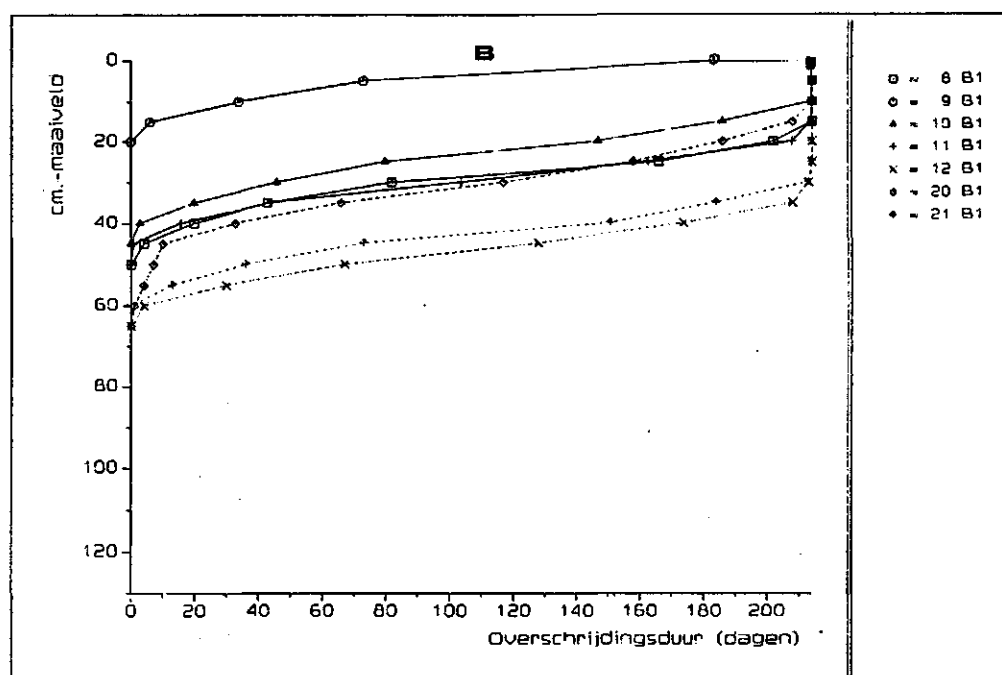
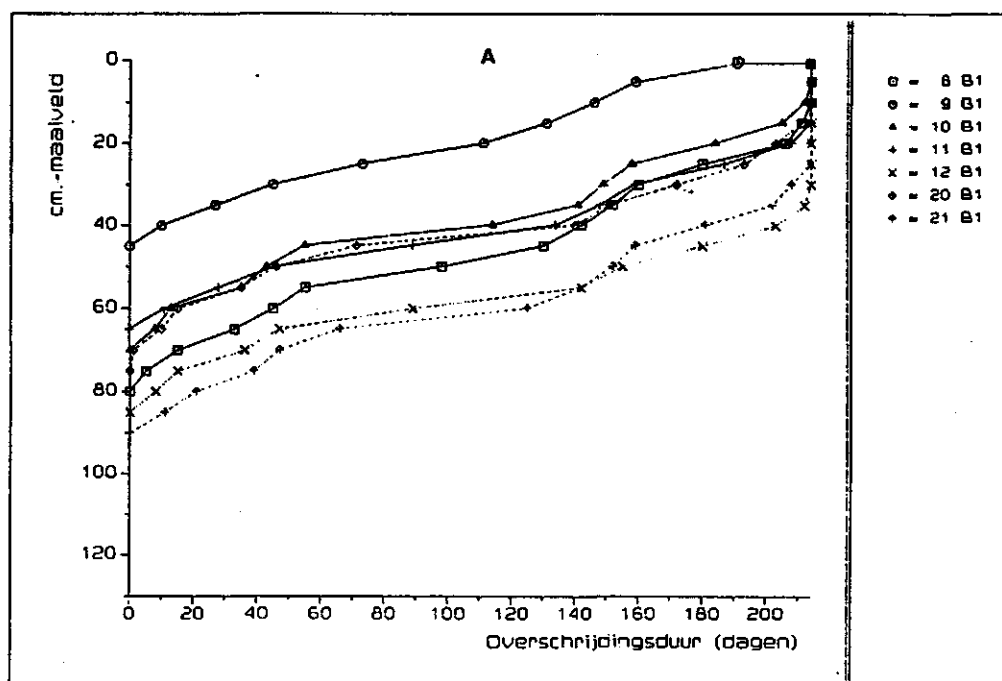
B. 1987



Figuur 23. Overschrijdingsduurlijnen van het freatisch grondwater van het groeiseizoen in het midden van de percelen in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

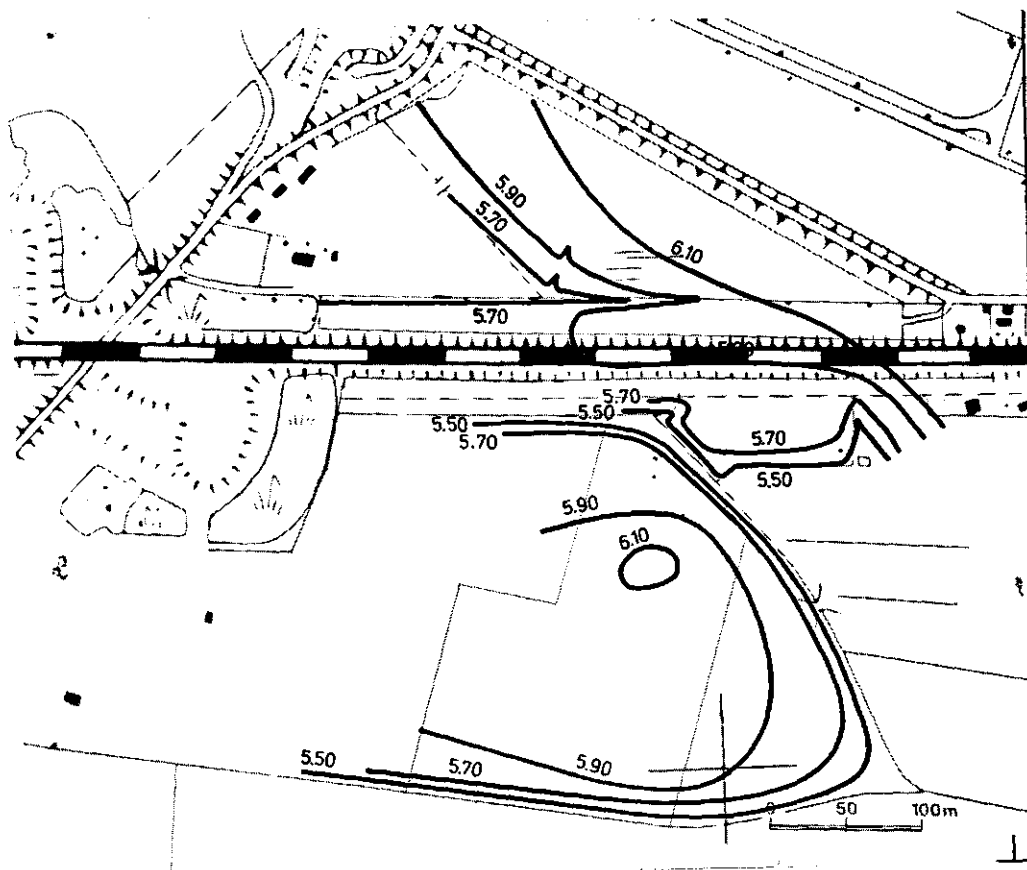
B. 1987



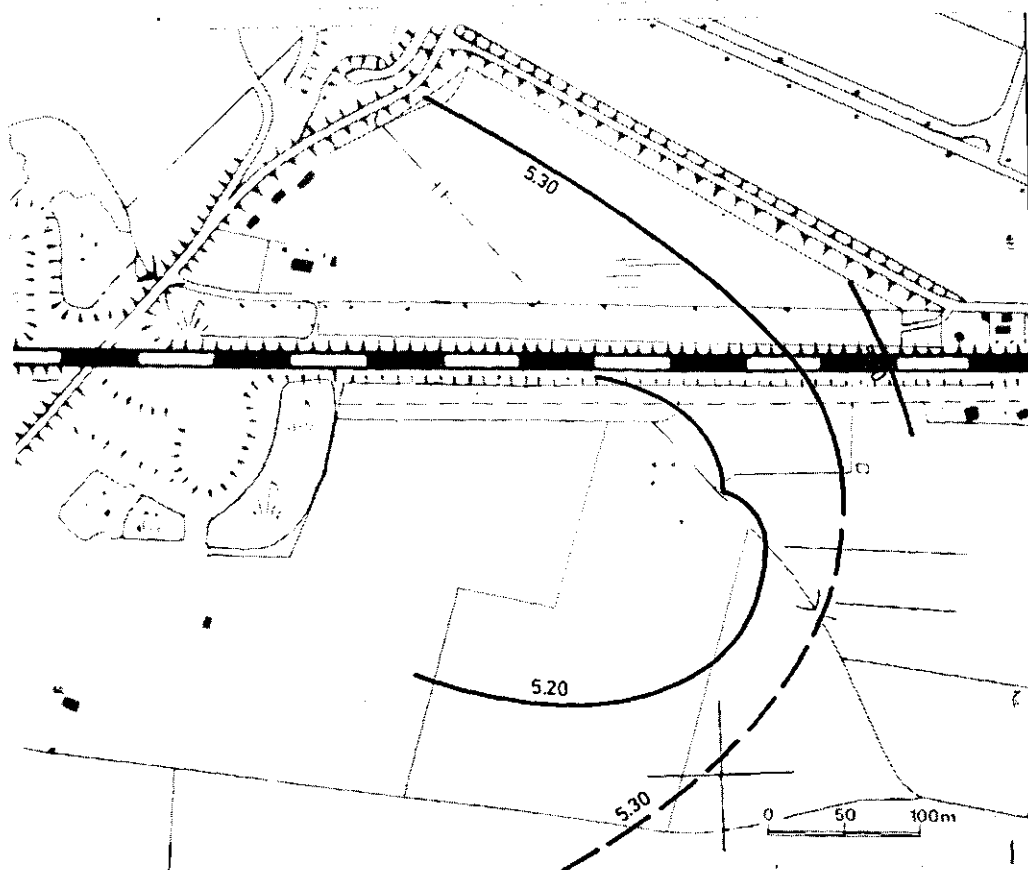
Figuur 24. Overschrijdingsduurlijnen van het freatisch grondwater van het groeiseizoen in perceel 3 van het natuureservaat 'Het Meeuwenkampje'

A. 1986

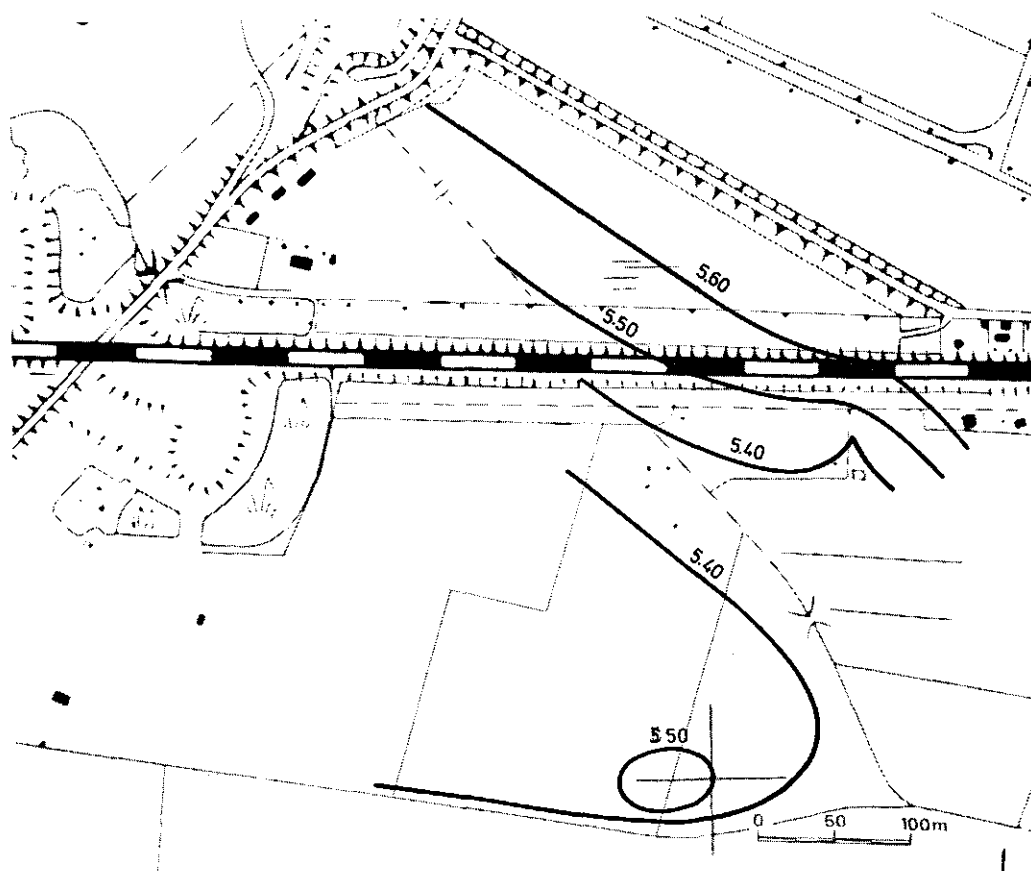
B. 1987



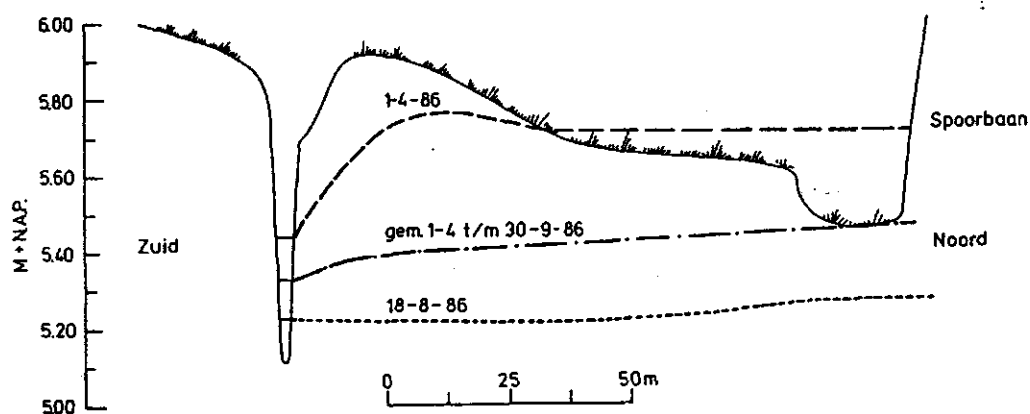
Figuur 25. Isohypsens van het freatisch grondwater op 1 april 1986 in het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'



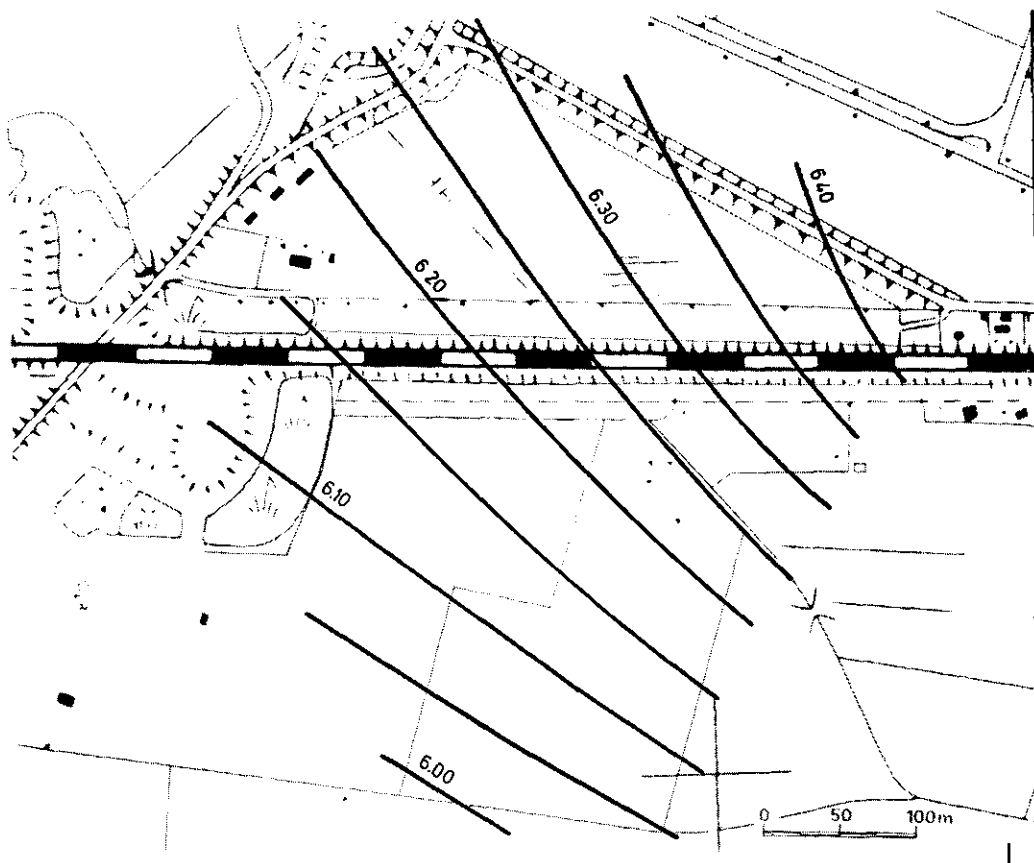
Figuur 26. Isohypsens van het freatisch grondwater op 18 augustus 1986 in het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'



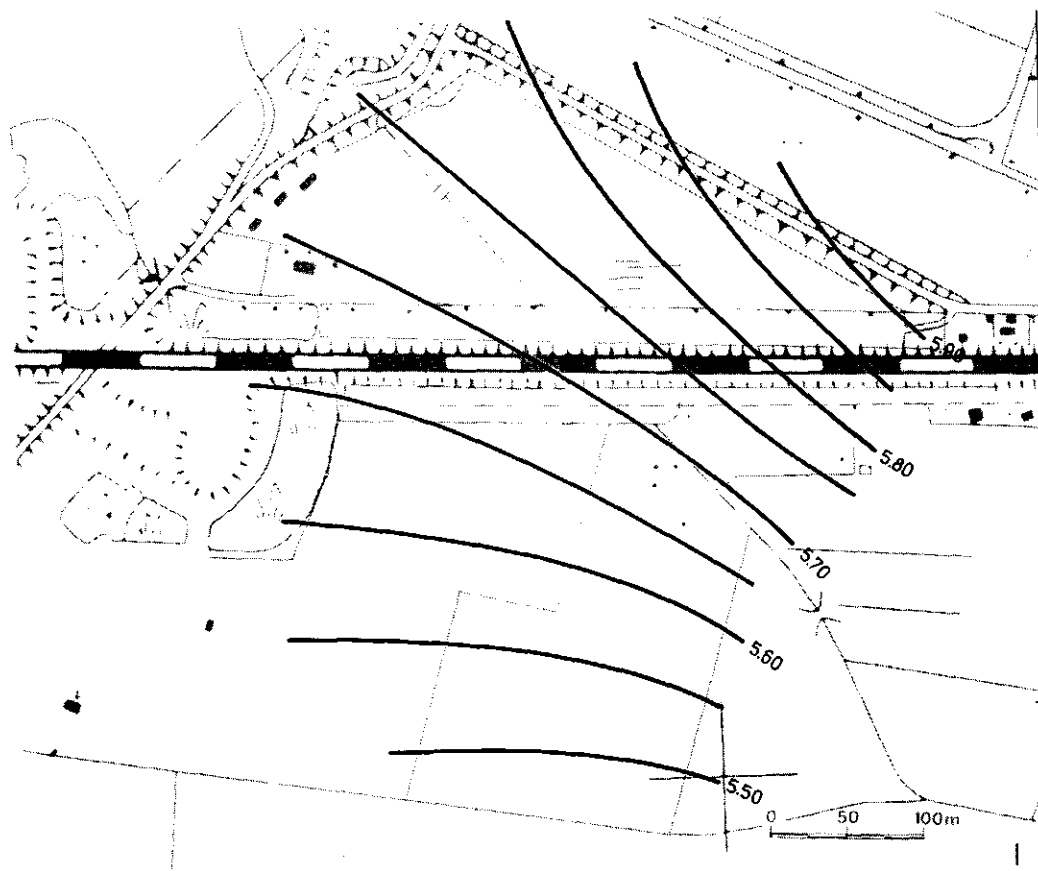
Figuur 27. Isohypsens van het freatisch grondwater van de gemiddelde zomersituatie van 1986 in het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'



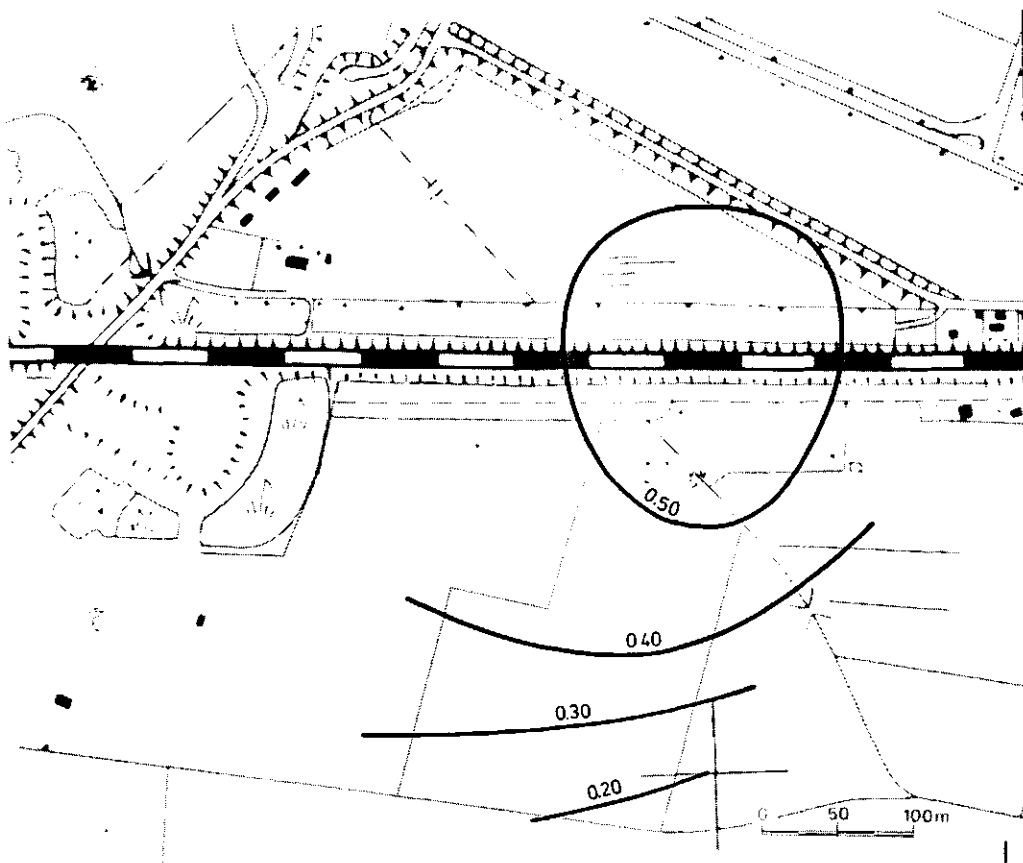
Figuur 28. Dwarsdoorsnede (noord-zuid) met verschillende grondwaterniveau's door perceel 3 van het natuurreserveaat 'Het Meeuwenkampje'



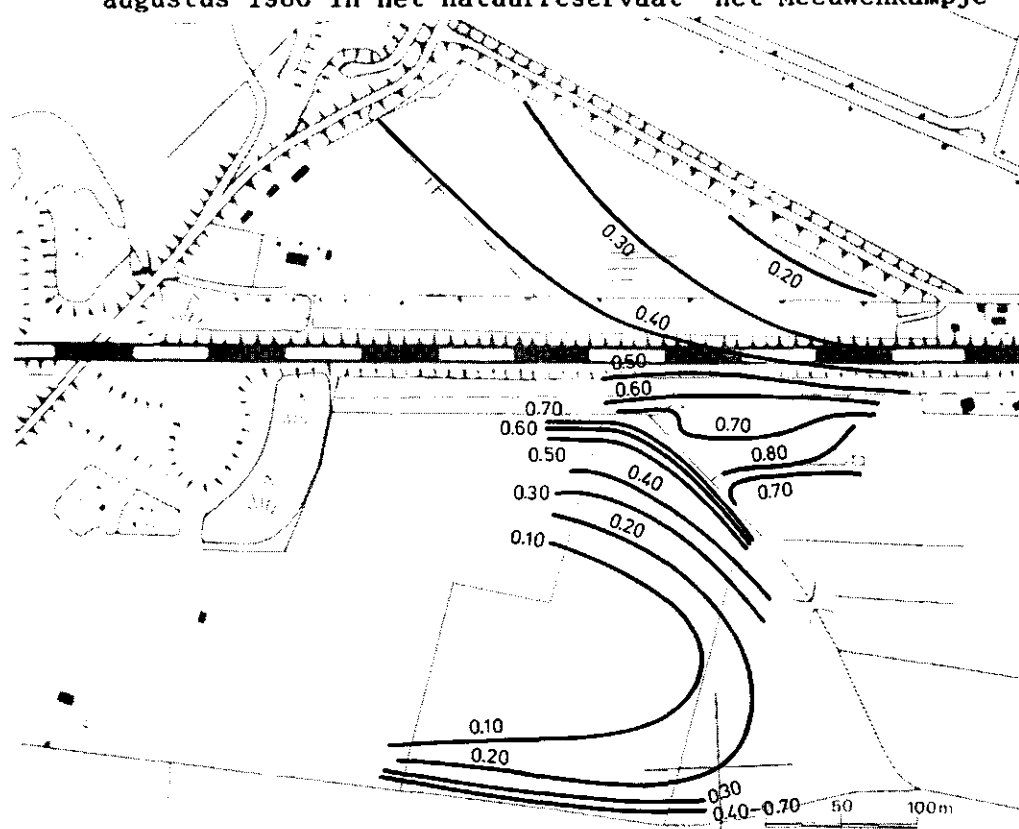
Figuur 29. Isohypsens van het diepe grondwater op 24 november 1988 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



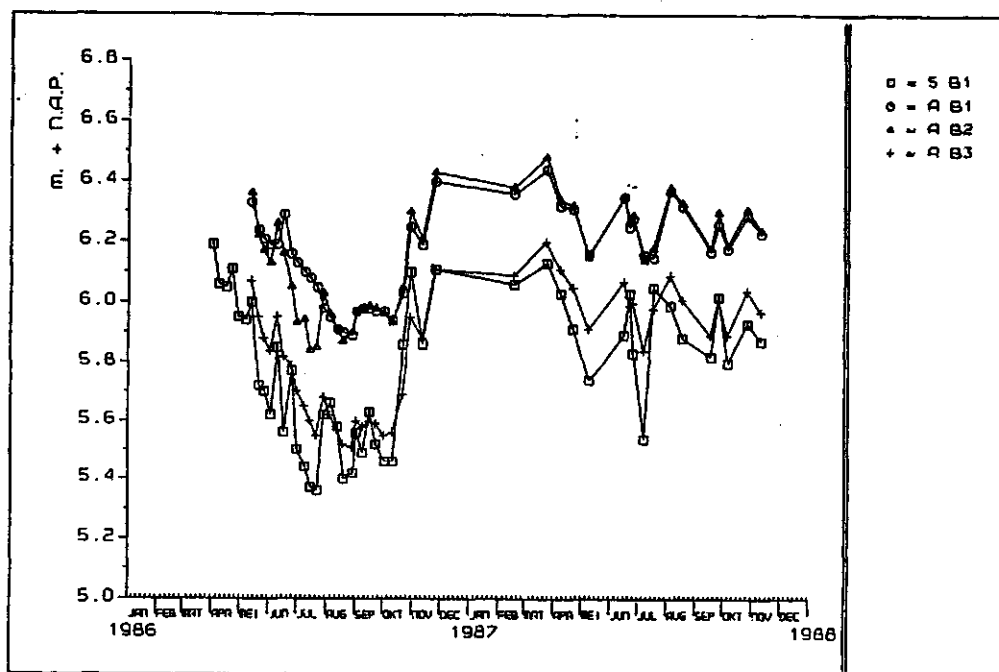
Figuur 30. Isohypsens van het diepe grondwater op 18 augustus 1988 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



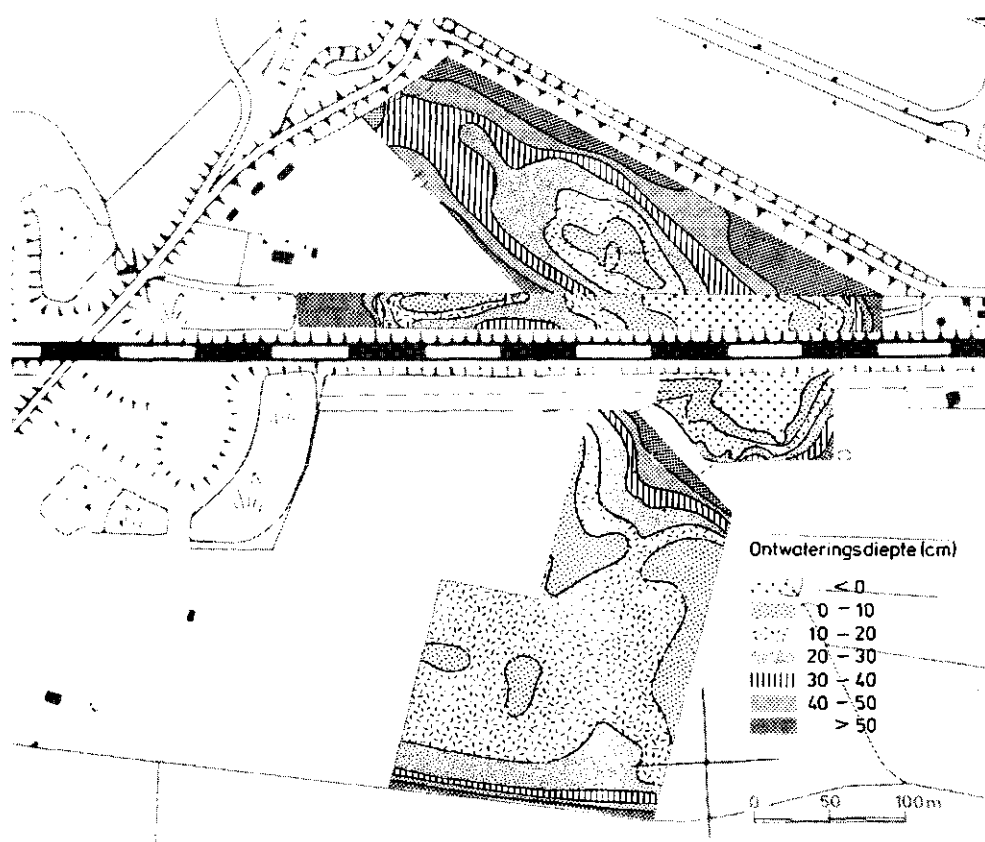
Figuur 32. Potentialaaverschillen tussen de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket en het freatisch grondwater op 18 augustus 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



Figuur 33. Potentialaaverschillen tussen de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket en het freatisch grondwater op 24 november 1986 in het natuurreservaat 'Het Meeuwenkampje'



Figuur 34. Tijd-stijghoogtelijnen van het diepe (A B1, A B2) en het ondiepe grondwater (A B3 en 5 B1) in het natuurrreservaat 'Het Meeuwenkampje'



Figuur 35. Ontwateringsdiepte op 1 april 1986 in het natuurrreservaat 'Het Meeuwenkampje'

